

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**



**INFORME DE TESIS**

**ENSAMBLAJE DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y SU  
RELACIÓN CON PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN LA  
DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA  
MICROCUCENCA ATUÉN, DEL DISTRITO DE LEYMEBAMBA,  
CHACHAPOYAS, PERÚ, 2017**

**Para obtener el título Profesional de  
Ingeniero Ambiental**

**AUTOR**

**BACH. DAVID LEIVA CABRERA**

**ASESOR**

**DR. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES**

**COASESOR**

**ING. JHESIBEL CHAVEZ ORTIZ**

**CHACHAPOYAS – PERÚ, 2017**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.*

*A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, por su apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias y opiniones.*

*A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.*

*A todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.*

***David Leiva Cabrera***

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerzas y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres que con su demostración me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mis hermanos y a mi familia en general, que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

Al Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres, a la Ing. Jhesibel Chavez Ortiz por toda la colaboración brindada y el asesoramiento durante la elaboración de esta tesis y al PNIA por la contribución financiera para hacer posible la realización de la presente tesis.

Finalmente agradezco a las todas las personas que me apoyaron con cada una de sus valiosas aportaciones haciendo posible esta tesis, y por la gran calidad humana que me han demostrado con su amistad.

**David Leiva Cabrera**

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

*Rector*

Dr. MIGUEL ANGEL BARRENA GURBILLÓN

*Vicerrector académico*

Dr. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

*Vicerrector de Investigación*

Dr. OSCAR ANDRES GAMARRA TORRÉS

*Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental*

MSc. Blga. ROSALYNN YOHANNA RIVERA LÓPEZ

*Directora de Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental*

## **JURADO DE TESIS**

---

Dr. Danilo Edson Bustamante Mostajo

**Presidente**

---

Dra. Martha Steffany Calderón Ríos

**Secretario**

---

MSc. Henry Mario Peláez Rodríguez

**Vocal**

## VISTO BUENO DEL ASESOR

En mi calidad de docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, yo Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres, que suscribo, hago constar que he asesorado la ejecución y elaboración del informe de tesis titulado **“Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con parámetros fisicoquímicos en la determinación de la calidad de agua de la microcuenca Atué, del distrito de Leymebamba, Chachapoyas, Perú 2017”** del tesista, David Leiva Cabrera egresado de la facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNTRM – Amazonas.

Chachapoyas, 19 de junio del 2018

---

DR. Oscar Andrés Gamarra Torres  
Asesor

## VISTO BUENO DEL CO-ASESOR

En mi calidad de docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, yo Ing. Jhesibel Chávez Ortiz, que suscribo, hago constar que he asesorado la ejecución y elaboración del informe de tesis titulado **“Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con parámetros fisicoquímicos en la determinación de la calidad de agua de la microcuenca Atuén, del distrito de Leymebamba, Chachapoyas, Perú 2017”** del tesista, David Leiva Cabrera egresado de la facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNTRM – Amazonas.

Chachapoyas, 19 de junio del 2018

---

Ing. Jhesibel Chavez Ortiz  
Co-Asesora

## DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

YO, DAVID LEIVA CABRERA, identificado con DNI N° 47092721 con domicilio real en Jr. Cajamarca N°546, distrito de Bagua, departamento de Amazonas mediante el presente documento, **DECLARO BAJO JURAMENTO:**

Que la información no citada que aparece en la Tesis Titulada: **Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con parámetros fisicoquímicos en la determinación de la calidad de agua de la microcuenca Atuén, del distrito de Leymebamba, Chachapoyas, Perú 2017**, es de mi propiedad y coautoría.

A continuación, firmo la presente de conformidad a lo escrito y en caso necesario me someto a las verificaciones correspondientes y las sanciones establecidas por ley.

Chachapoyas, 19 de junio del 2018

---

DAVID LEIVA CABRERA  
DNI: 47092721



# ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....	xiii
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
<b>III. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
3.1. Antecedentes de la investigación.....	5
3.2. Bases teóricas.....	6
3.3. Definición de términos básicos.....	8
3.4. Hipótesis.....	11
3.5. Variables de estudio.....	11
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	12
4.1. Área de estudio.....	12
4.2. Diseño de investigación.....	14
4.3. Población, muestra y muestreo.....	14
4.4. Métodos.....	14
4.5. Técnicas.....	19
4.6. Análisis de datos.....	20
<b>V. RESULTADOS</b> .....	21
5.1. Variables fisicoquímicas.....	21
5.2. Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos.....	24
5.3. Índices de diversidad de macroinvertebrados acuáticos.....	29
5.4. Relaciones generales entre las familias de macroinvertebrados y las variables fisicoquímicas.....	31
<b>VI. DISCUSIÓN</b> .....	32
<b>VII. CONCLUSIONES</b> .....	35
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b> .....	36
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	37
<b>X. ANEXOS</b> .....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01.</b> Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP (Roldán, 2003) .....	11
<b>Tabla 02.</b> Parámetros fisicoquímicos ECA para agua Categoría 4 – Subcategoría E2.....	12
<b>Tabla 03.</b> Ubicación y descripción de las estaciones de muestreo en la microcuenca Atuén, Leymebamba (Chachapoyas - Amazonas – Perú) .....	16
<b>Tabla 04:</b> Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos en la microcuenca Atuen en época seca y época lluviosa.....	24
<b>Tabla 05.</b> Composición taxonómica y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en la época seca y época lluviosa de la Microcuenca Atuén.....	25
<b>Tabla 06.</b> Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col, modificado para la microcuenca Atuén.....	26
<b>Tabla 07:</b> Estadística descriptiva de los macroinvertebrados acuáticos en la época seca y época lluviosa de la Microcuenca Atuén.....	26
<b>Tabla 08:</b> Ponderación taxonómica según el índice BMWP/Col para la época seca.....	28
<b>Tabla 09.</b> Ponderación taxonómica según el índice BMWP/Col para la época lluviosa....	30
<b>Tabla 10.</b> Estadísticos descriptivos de los indicadores de biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos (época seca) .....	29
<b>Tabla 11:</b> Estadísticos descriptivos de los indicadores de biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos (época lluviosa).....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Mapa de Ubicación Geográfica.....	14
<b>Figura 02 :</b> Frecuencia y densidad relativa de las 10 familias con mayor representatividad de la micro cuenta Atuén en la época seca.....	27
<b>Figura 03 :</b> Frecuencia y densidad relativa de las 10 familias con mayor representatividad de la micro cuenta Atuén en la época lluviosa.....	27

## **Anexos**

<b>Anexo 01:</b> Determinación de los parámetros fisicoquímicos de la microcuenca Atué en época seca .....	42
<b>Anexo 02::</b> Determinación de los parámetros fisicoquímicos de la microcuenca Atué en época lluviosa .....	43
<b>Anexo 03:</b> Número de Individuos por categoría taxonómica en cada estación de muestreo en la época seca (setiembre) del 2017.....	44
<b>Anexo 04:</b> Número de Individuos por categoría taxonómica en cada estación de muestreo en la época lluviosa (marzo) del 2018.....	46
<b>Anexo 05:</b> Determinación del índice del valor de importancia para la época seca.....	48
<b>Anexo 06:</b> Determinacion del índice de valor de importancia en la época lluviosa.....	49
<b>Anexo 07:</b> Correlación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos para la época seca.....	50
<b>Anexo 08:</b> Correlación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos para la época lluviosa.....	51
<b>Anexo 09:</b> Panel fotográfico de las estaciones de muestreo.....	52

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

OD	: Oxígeno Disuelto
CE	: Conductividad Eléctrica
DQO	: Demanda Química de Oxígeno
DBO	: Demanda Bioquímica de Oxígeno
MIA	: Macroinvertebrados Acuáticos
BMWP/Col	: Biological Monitoring Parking / Colombia
ECA	: Estándares de Calidad Ambiental
LABISAG	: Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas
INDES-CES	: Instituto de Investigación para el desarrollo sustentable de Ceja de Selva
CV	: Coeficiente de Variación
CO <sub>2</sub>	: Dióxido de Carbono
pH	: Potencial de hidrogeno, es una medida de la acidez de una solución.
MINAM	: Ministerio del Ambiente
IVI	: Índice de valor de importancia

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar la calidad de agua de la microcuenca Atuén en el distrito Leymebamba, provincia Chachapoyas, a través del ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos, se establecieron 17 estaciones de muestreo a lo largo del trayecto del cauce principal y los tributarios más importantes. Se colectaron 39 familias taxonómicas de macroinvertebrados acuáticos, correspondientes a 11 órdenes, 3 clases. Asimismo, se determinaron 9 parámetros fisicoquímicos tales como: Temperatura, pH, Oxígeno disuelto, Fosfatos, Nitratos, Nitritos, Conductividad eléctrica, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno, para tener una visualización más exhaustiva sobre los factores que inciden en la presencia y ausencia de las especies y su incidencia directa sobre la calidad del agua.

Para el análisis de la calidad del agua a través de los macroinvertebrados acuáticos, se aplicó el índice biótico BMWP/Col (*Biological Monitoring Working Party Colombia*), los resultados corresponden a dos épocas estacionales diferentes, ya que se realizó dos campañas de muestreo una en época seca y otra en época lluviosa. Los resultados indican que las aguas presentan efectos de contaminación o de calidad aceptable para ambas épocas (79 puntos). Según los análisis fisicoquímicos determinados, los valores para cada uno de los parámetros analizados fueron aceptables, a excepción de las concentraciones de fosfato, las cuales fueron más elevadas según los valores de los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría IV.

Esta investigación muestra la importancia de la utilización de macroinvertebrados como indicadores de calidad, los cuales fueron además confirmados con los análisis fisicoquímicos.

**Palabras claves:** Bioindicadores, calidad de agua, ensamblaje, índice BMWP/Col, macroinvertebrados acuáticos.

## ABSTRACT

The aim of this study was to determine the water quality of the Atué microbasin in the District of Leymebamba, province of Chachapoyas, through the analysis of macroinvertebrates assemblage and physicochemical parameters. 17 sampling points were established along the principal stream. 39 taxonomic families of aquatic macroinvertebrates were collected, consisting of 11 orders, 3 classes. Additionally, nine physicochemical parameters were determined: Temperature, pH, dissolved Oxygen, phosphates, Nitrates, Nitrites, electric Conductivity, biochemical demand of oxygen and chemical demand of oxygen in order to have a more exhaustive visualization of the factors affecting the presence and absence of species and direct impact on the water quality.

The quality of the water was evaluated through the biotic index BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party Colombia). The results were obtained from two different seasons, dry and rainy seasons. The water quality was catalogued as affected by some pollutants with acceptable quality properties (79 points). According to the physicochemical analysis, all the variables were considered acceptable with the exception of phosphates, that showed the higher concentrations compared with the ECAs values.

This study highlights the importance of using macroinvertebrates, as a complementary tool for physicochemical analysis, to evaluate water quality.

**Key words:** Aquatic macroinvertebrates, assemblage, bioindicators, BMWP / Col index, water quality.

## I. INTRODUCCIÓN

La utilización de indicadores biológicos proporciona una técnica práctica, con mayor facilidad y eficacia para conocer la calidad del agua desde el punto de vista ecológico. Por otro lado, opta por afianzar resultados variados, comparables y diferentes a los métodos tradicionales. Es por ello necesario que el efecto provocado por los desastres naturales y las actividades antropogénicas como deslizamientos, huracanes, crecimiento demográfico y urbanístico, agricultura, ganadería, infraestructuras, presencia de botaderos de basura, sean estudiados y evaluados con ayuda de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores (Castellón, 2013). Los macroinvertebrados acuáticos son utilizados como bioindicadores de calidad de agua por su tamaño relativamente grande (visibles a simple vista), fácil su muestreo y por existir técnicas de muestreo muy estandarizadas que no requieren equipos costosos; además, presentan ciclos de desarrollo lo suficientemente largos que les hace permanecer el tiempo suficiente en los cuerpos de agua para detectar cualquier alteración, y el amplio rango de tolerancia frente a diferentes parámetros de contaminantes (Alba –Tercedor, 1996).

La microcuenca Atuén, en el distrito de Leymebamba es un ecosistema que está sufriendo muchos impactos ambientales, causados por la falta de orientación en el uso racional del agua, contaminación con los residuos de los fertilizantes utilizados en la agricultura y ganadería, fragmentación del ecosistema por mal manejo de la flora nativa ribereña ya sea por extracción para madera o leña o por intentar ganar terreno al cauce natural. Al no haber encontrado antecedentes en relación al problema planteado en esta microcuenca, y considerando muy necesaria la conservación y valoración de los ecosistemas en la gestión del agua a nivel local, regional y nacional, se reconoce la prioridad de investigar la calidad ecológica del agua de la microcuenca Atuén, para tal fin se realizará una evaluación de la diversidad de macroinvertebrados acuáticos, y la cual será complementada con análisis fisicoquímicos, para obtener información de la composición y diversidad de los macroinvertebrados, y establecer una metodología de monitoreo. El conocimiento generado podrá ser aplicable a ecosistemas locales y regionales similares y la información científica generada nos ayudará a entender la dinámica de los recursos hídricos e hidrobiológicos frente a las actividades antrópicas de la zona y fortalecer la toma de decisiones orientadas hacia el desarrollo sostenible de la región.



## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Establecer la relación entre la diversidad de macroinvertebrados acuáticos y los factores fisicoquímicos para la determinación de la calidad del agua en la microcuenca Atuén, distrito de Leymebamba provincia de Chachapoyas, Perú, 2017.

### **2.2. Objetivos específicos**

- J Determinar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca Atuén.
- J Analizar los cambios en la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos a escala temporal y espacial.
- J Discutir las posibles causas antrópicas que repercuten en la calidad de agua de la microcuenca Atuén.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Antecedentes de la investigación

En Colombia, Roldán y Ramirez (2008) realizaron una recopilación de los trabajos más importantes realizados en la Universidad de Antioquia (Medellín) los cuales marcan un fuerte impulso al estudio limnológico con énfasis en la fauna de macroinvertebrados acuáticos. Perez y Roldán (1988), publicaron una guía taxonómica y ecológica sobre macroinvertebrados acuáticos de Antioquia, asimismo, Roldán (2003), publicó un libro sobre la bioindicación en Colombia, usando los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua en el que propone la metodología del Biological Monitoring Working Party/ para Colombia (BMWP/Col).

En nuestro país, numerosos ríos y lagunas de la costa, sierra y selva están alteradas en su capacidad física, química y biológica (Medina et al., 2008). Se realizaron varios estudios en diferentes partes del Perú para evaluar la calidad de agua en base al BMWP/Col, y parámetros fisicoquímicos. Paredes et al. (2005) determinaron que la calidad de agua del río Rímac, aguas abajo de la Atarjea, definiéndolas como aguas de calidad crítica o muy contaminadas.

En el río Chuyugual en la Región La Libertad entre los 3294 - 3842 m.s.n.m., se analizaron macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos, además de análisis de metales totales, determinándose como aguas extremadamente contaminadas y de pésima calidad (Poblete, 2013).

Se desarrolló evaluaciones en la región Nor-Oriental del Marañón, Perú, en el río Wuawuas (Bagua, Amazonas) catalogándose como aguas con algunos efectos de contaminación o de calidad aceptable, y en el río Amojú (Jaén, Cajamarca) determinando una categoría equivalente entre aguas contaminadas o de calidad dudosa, a aguas muy contaminadas o de calidad crítica (Paredes et al., 2004).

Asimismo, Valcárcel (2011) identificó diferentes niveles de degradación en los ambientes acuáticos de la cuenca baja del río Utcubamba a partir del análisis de estructura comunitaria del macrobentos y las diferentes medidas bioindicadoras de calidad de agua, con una importante riqueza de la macrofauna bentónica amazónica, pero con cierta resiliencia frente a la perturbación antrópica.

### 3.2. Bases teóricas

La bioindicación como método de estudio para determinar el daño ecológico en las corrientes de agua tiene sus inicios con Kolkwitz y Marsson (1908) quienes crearon el Sistema Saprobio. Posteriormente se desarrollaron métodos basados en el concepto de biodiversidad con el apoyo de la teoría de la información e índices matemáticos, destacando los aportes de Margalef (1958), Shannon y Weaver (1949) y Simpson (1949). Los índices bióticos más conocidos son el BMWP y el Índice de Saprobiedad, los cuales relacionan el tipo de función que desempeñan los organismos en la comunidad. De los anteriores, se propusieron modificaciones como el índice de Integridad Biológica (IBI) por Karr (1991), un sistema computarizado conocido como RIVPACS (River Invertebrate Prediction and Classification System) por Armitage y Petts (1992). Resh et al., (1995) desarrollaron métodos rápidos usando macroinvertebrados acuáticos en USA al igual que Alba Tercedor (1996) en España (Roldan, 1999; Roldan 2003).

Los macroinvertebrados acuáticos (MIA) son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas principalmente por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos. Se les denomina macroinvertebrados porque su tamaño va de 0.5 mm hasta alrededor de 5.0 mm, pudiéndoles observar a simple vista. Es un hecho que la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos, por ello, los métodos de evaluación basados en dichos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace varias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua (Roldan, 2016).

El uso de bioindicadores acuáticos, especialmente de macroinvertebrados, se ha implementado en los estudios de impacto ambiental en varios países de Centroamérica, como Panamá, Costa Rica y Guatemala. En Costa Rica, para el estudio de la fauna acuática, el biomonitoreo es requerido en todos los proyectos que afectan directa o indirectamente a los recursos hídricos, especialmente represas hidroeléctricas, mineras, extracción de material pedregoso del cauce de los ríos y también plantaciones agrícolas (Sermeño et al., 2010). Dentro de los cuerpos de aguas continentales, los macroinvertebrados han recibido una gran atención, tanto

por su importancia como eslabones tróficos intermediarios entre los productores primarios y consumidores, como por el papel que desempeñan como transformadores e integradores de la materia orgánica alóctona (hojas, semillas, ramas, troncos caídos, entre otros), principal entrada de energía a los sistemas fluviales (Gil, 1992). En estos últimos años los macroinvertebrados acuáticos han ido ganando protagonismo como indicadores biológicos de la calidad del agua, funcionando como una herramienta para monitoreo de los recursos hídricos, esto se debe a que tales organismos responden rápidamente a variaciones ambientales (Gonzales et al., 2011).

Si bien, en una situación ideal la calidad del agua debería analizarse mediante el uso de parámetros fisicoquímicos y biológicos, con el fin de tener un amplio espectro de información que ayudará a interpretar los resultados para lograr una gestión más eficaz de este recurso, el coste y la laboriosidad que implica analizar mediante métodos químicos todos los posibles contaminantes hacen que en la práctica sólo unos pocos de ellos se analicen, y aunque la información que proporcionan estos análisis químicos es valiosa y precisa, están limitados por detectar generalmente, sólo vertidos puntuales. Esto ha llevado a prestar una mayor atención a los índices biológicos, los cuales reflejan el estado general de calidad del agua e integran los efectos producidos por diferentes agentes estresantes, lo que proporciona una medida general de su impacto. Además, dichos índices no sólo reflejan el estado en el momento del muestreo, sino también hacen referencia a situaciones que se hayan producido en fechas anteriores (Oscoz, 2002).

Actualmente una metodología ampliamente usada para el análisis de estos indicadores biológicos es el BMWP/Col el cual ya se viene implementando en Sudamérica (Roldán, 1999; Alba – Tercedor et al., 2005; Bonada et al., 2006; Acosta et al., 2009; Bonada, 2015). El índice BMWP/Col asigna una puntuación a cada familia de macroinvertebrados en función de su tolerancia a la contaminación, que oscila entre 1 (la más tolerante) y 10 (la más sensible). El índice se calcula a partir de la suma de todas las puntuaciones de las familias presentes en la muestra, de manera que tanto contribuye la riqueza taxonómica como el grado de tolerancia a la contaminación de cada MIA (Alba – Tercedor et al, 2005; Bonada et al., 2006; Roldan, 2009).

Los MIA ofrecen distintas virtudes para la vigilancia biológica, incluyendo:

- a) Su ubicua ocurrencia.
- b) Su enorme riqueza de especies, que ofrece un espectro de respuestas ambientales.
- c) Su naturaleza básica sedentaria, lo que facilita el análisis espacial.
- d) La propensión de ciertas especies de entrar en la columna de agua (es decir, la deriva), lo que puede indicar la presencia de un contaminante.
- e) Los largos ciclos de vida de algunas especies, que pueden ser utilizados para rastrear efectos de la contaminación durante períodos más largos.
- f) Su compatibilidad con el equipo de muestreo de bajo costo.
- g) La bien descrita taxonomía de los géneros y las familias.
- h) La sensibilidad de muchas especies comunes, que se han establecido para los diferentes tipos de contaminación.
- i) La idoneidad de muchas especies para estudios experimentales de efectos de la contaminación.

Por estas consideraciones, los MIA son los organismos más utilizados para biomonitoreo en agua dulce (Alba-Tercedor, 1996; Bonada, 2015).

En la vigilancia y control de la contaminación, en base a organismos como bioindicadores, existen multitud de metodologías que utilizan una amplia variedad de organismos: bacterias, protozoos, algas, macrófitos, macroinvertebrados, peces. De todas las metodologías, aquellas basadas en el estudio de los macroinvertebrados acuáticos son las mayoritarias (Alba-Tercedor, 1996).

### **3.3. Definición de términos básicos**

#### **Comunidades bióticas**

Se llama comunidades bióticas al conjunto de poblaciones que viven en un hábitat o zona definida que puede ser amplia o reducida. Las interacciones de los diversos tipos de organismos conservan la estructura y función de la comunidad y brindan la base para la regularización ecológica de la sucesión en la misma. (Alfaro, 2007).

De forma general los cambios a nivel de comunidad y ecosistema se conocen como cambios en la salud ecológica, pero hay muchos términos en la literatura que vienen a significar lo mismo (integridad biológica, estado ecológico, calidad ecológica etc.) (Alfaro, 2007).

### **Indicadores biológicos de la calidad del agua**

Los indicadores biológicos son organismos o comunidades de estos que a través de su presencia indican el nivel de preservación o el estado de un hábitat. Un indicador biológico ideal es aquel que tiene tolerancias ambientales estrecha, es decir, son sensibles a las alteraciones de los factores físicos y químicos del medio en el que viven (Morales, 2011).

### **Macroinvertebrados acuáticos**

Se consideran como macroinvertebrados acuáticos (MIA) a todos los animales invertebrados que tienen un tamaño igual o superior a 0.5 mm. Constituyen el grupo dominante en los ríos, aunque también se encuentran en la zona litoral y el fondo de lagos y lagunas. Los MIA que habitan en los ecosistemas fluviales están ampliamente representados por diferentes familias de moluscos y larvas de insectos, aunque dependiendo del tipo de río también pueden ser comunes los crustáceos, oligoquetos, anélidos, nemátodos e hirudíneos. Pudiendo pertenecer al neuston cuando son nadadores activos; al neuston cuando habitan la superficie del agua, o a los bentos, si viven en relación íntima con el fondo del cuerpo del agua, ya sea en sustratos orgánicos como el detrito, plantas acuáticas, hojarasca, ramas y troncos, o sustrato inorgánico, como rocas, grava y arena (Roldan, 1992).

### **Calificación de Macroinvertebrados acuáticos según el índice BMWP/Col**

El uso del índice requiere identificar los macroinvertebrados a nivel de familia. Tras la identificación de los ejemplares capturados se elabora una lista de inventario con las familias presentes, se busca la puntuación de cada familia en la tabla BMWP/Col y se obtiene el valor del índice por la suma total de la puntuación correspondiente a cada una de ellas (Roldán, 2003). El valor obtenido se hace corresponder con una determinada clase de calidad de agua (Tabla 01).

**Tabla 01.** Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP (Roldán, 2003).

Clase	Calidad	BMWP	Significado	Color
I	Muy buena	> 121	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Buena	101 – 120	Aguas no contaminadas o no alteradas	Celeste
III	Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
IV	Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
V	Critica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
VI	Muy critica	15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

A cada clase le corresponde un color, el cual determina el mapa de calidad biológica, así, valores mayores a 121, corresponde al color azul; valores entre 101 - 120, al color celeste; valores entre 61 - 100, al color verde; entre 36 - 60, al color amarillo; valores entre 16 - 35, al color naranja y valores menores de 15 al color rojo.

**Tipo de bioindicadores.** Desde el punto de vista de la contaminación, los macroinvertebrados se agrupan en cuatro categorías generales:

**Clase I:** son organismos indicadores de aguas claras, en su mayoría muy sensibles a los cambios. Entre ellos están, en términos generales, los grupos taxonómicos de los Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, algunos Díptera, Odonata, Neuróptera. Como ejemplos tenemos los géneros, *Helicopsyche*, *Anacroneuria*, *Laclania*, *Nectopsyche*, *Baetodes*, *Tetraglossa*, *Macrelmis*, *Atopsyche*, y *Moribaetis*, entre otros (Roldán, 2003).

**Clase II:** son indicadores de aguas medianamente contaminadas. En general son tolerantes a la contaminación de tipo orgánico. Se encuentran en hábitat de poca contaminación. Dentro de éste grupo tenemos algunos Odonata, Trichoptera, Ephemeroptera, algunos dípteros, y coleópteros como, los géneros *Hetaerina* (Odonata), *Gerris* (Hemíptera, y *Smicridea* (Trichoptera), *Tropisternus* (Coleóptera), *Dixella*, *Probezzia*, *Limnophora*, *Limnicola* (Díptera), *Helisoma* y *Succinea* (Gastropoda) (Roldán, 2003).

**Clase III:** son organismos tanto estenoicos como eurioicos. Se encuentran en medios contaminados por materia orgánica. Se destacan la familia Chironomidae (Díptera), el Phylum Mollusca y la clase Hirudinea como algunos caracoles (*Physa*, *Limnaea*) y sanguijuelas respectivamente (Roldán, 2003).

**Clase IV:** Son indicadores de aguas muy contaminadas por materia orgánica. Los grupos taxonómicos de la clase Anélida, y los géneros, *Limnodrilus* y *Tubifex*. (Roldán, 2003).

Del mismo modo, según el Decreto Supremo 004-2017-MINAM existen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que indican el nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor. Así, los exedentes de los ECA son considerados perjudiciales para los macroinvertebrados acuáticos y otro tipo de vida acuática. Esta investigación corresponde al ECA para Agua de la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático y Subcategoría E2: Ríos de la costa, sierra y selva, (Tabla 02).

**Tabla 02.** Parámetros fisicoquímicos ECA para agua Categoría 4 – Subcategoría E2

Parámetro	Unidad de Medida	ECA
Fósforo total	mg/L	0.05
Nitratos (NO <sub>3</sub> --N)	mg/L	13
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)*		
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,00
Conductividad	μS/cm	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	10
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5 a 9.0
Temperatura	°C	3
Demanda Química de Oxígeno(DQO)	mg/L	40

\* Se ha considerado el valor del nitrito y demanda química de oxígeno que corresponden a la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

### 3.4. Hipótesis

El ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y los parámetros fisicoquímicos del agua de la microcuenca Atuéen tienen relación con la calidad del agua.

### 3.5. Variables de estudio

#### VARIABLES INDEPENDIENTES

- ) Composición y estructura del ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos.
- ) Parámetros fisicoquímicos del agua.

#### VARIABLE DEPENDIENTE

- ) Calidad del agua de la microcuenca Atuéen.



## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Área de estudio**

El área de estudio comprende la microcuenca Atuén, distrito de Leymebamba, provincia de Chachapoyas, región Amazonas. Se encuentra en las siguientes coordenadas: Longitud: 77.88 – 77.81, Latitud: 6.86-6.73, Altitud: 3162- 2416 msnm ( Figura 01)

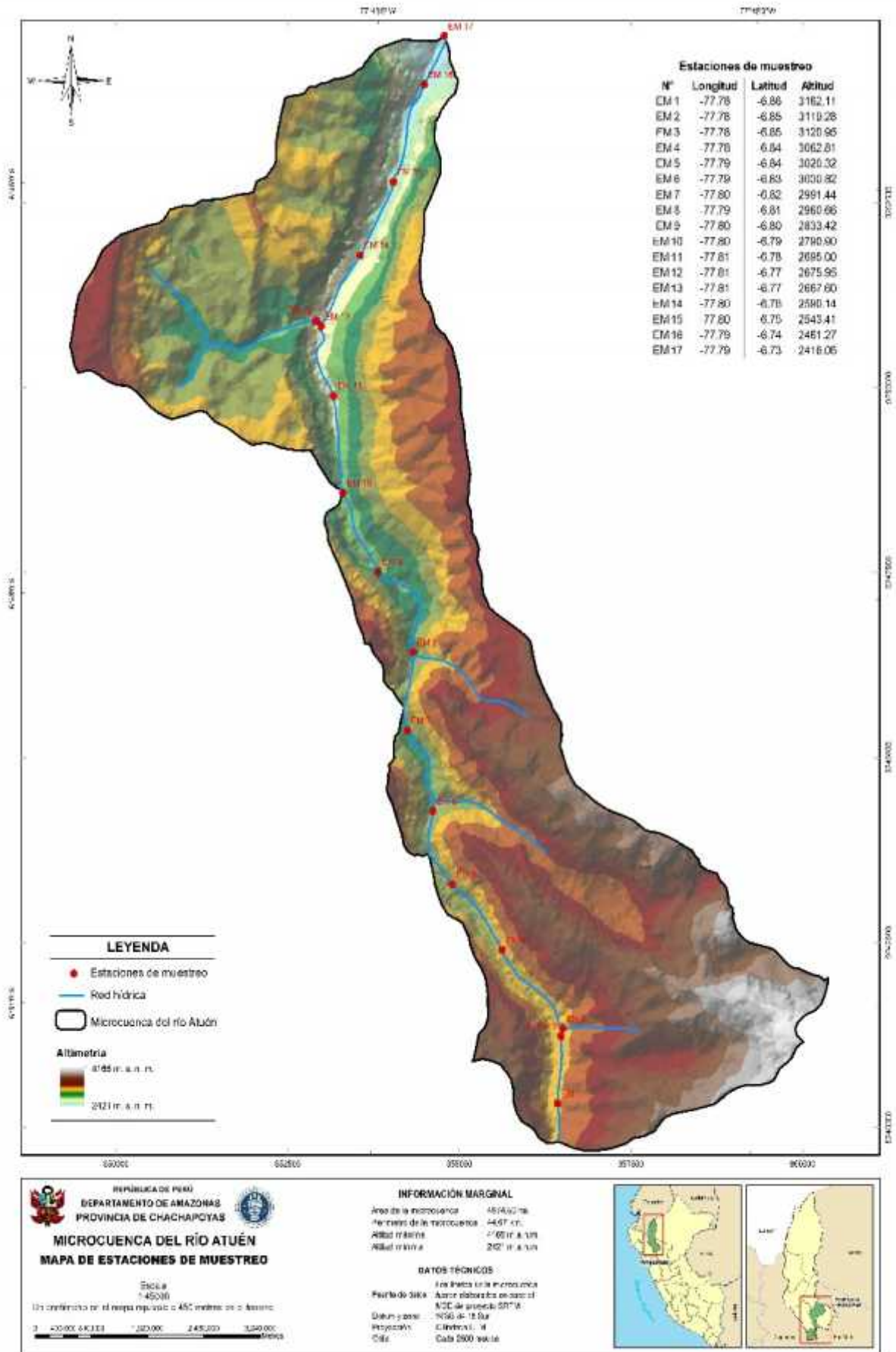
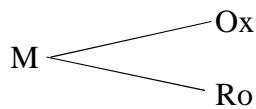


Figura 01: Mapa de ubicación geográfica de la microcuenca de Atuén.

## 4.2. Diseño de investigación

Esta investigación será de carácter no experimental, siendo descriptiva y correlacional obedeciendo el diseño de contrastación de hipótesis transeccional o transversal, debido a que la investigación se centrará en evaluar una situación en un punto del tiempo para determinar cuál es la relación entre un conjunto de variables en un momento dado (Hernández et al., 2010).



Donde:

M = Muestra

Ox = Indicadores

Ro = Observación o medición

## 4.3. Población, muestra y muestreo

### 4.3.1. Población

Representado por los macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca Atuen.

### 4.3.2. Muestra

La muestra estará representada por la comunidad de macroinvertebrados en 17 puntos seleccionados mediante el criterio de inclusión.

### 4.3.3. Muestreo

Las tomas de muestras de macroinvertebrados acuáticos y agua se realizaron en diecisiete puntos de muestreo, en una época seca y lluviosa, con la finalidad de determinar el grado de calidad de agua.

## 4.4. Métodos

La metodología empleada en esta investigación constó de las siguientes actividades que se detallan a continuación.

#### 4.5.2. Diseño de estudio

Se establecieron diecisiete estaciones de muestreo cada kilómetro de distancia desde su nacimiento hasta su desembocadura, seleccionando sitios representativos de los diferentes tipos de suelo y actividades a lo largo de la microcuenca. Cada estación fue georreferenciada con la ayuda de un receptor de Posicionamiento Global (GPS Garmin 810), (Tabla. 03). Además se registraron observaciones ambientales y físicas de cada punto de muestreo.

**Tabla 03.** Ubicación y descripción de las estaciones de muestreo en la microcuenca Atuén, Leymebamba (Chachapoyas - Amazonas – Perú).

Estación	Tipo de microcuenca	Tipificación	Altitud (msnm)	Coordenadas Grados
EM 01	Cauce principal	Naciente	3162.11	77.78 – 6.86
EM 02	Cauce principal	Cerca de la población	3119.28	77.78 – 6.85
EM 03	Tributario	Zona ganadera	3120.95	77.78 – 6.85
EM 04	Cauce principal	Zona ganadera	3062.81	77.78 – 6.84
EM 05	Cauce principal	Zona ganadera	3020.32	77.79 – 6.84
EM 06	Cauce principal	Zona ganadera	3030.82	77.80 – 6.83
EM 07	Cauce principal	Zona ganadera	2991.44	77.79 – 6.82
EM 08	Cauce principal	Zona ganadera	2960.66	77.80 – 6.81
EM 09	Cauce principal	Zona ganadera	2833.42	77.80 – 6.80
EM 10	Cauce principal	Zona ganadera	2790.90	77.81 – 6.79
EM 11	Cauce principal	Zona ganadera	2695.00	77.81 – 6.78
EM 12	Cauce principal	Zona ganadera	2675.95	77.80 – 6.77
EM 13	Tributario	Zona ganadera	2667.60	77.80 – 6.77
EM 14	Cauce principal	Zona ganadera	2590.14	77.79 – 6.76
EM 15	Cauce principal	Zona de agrícola	2543.41	77.79 – 6.75
EM 16	Cauce principal	Zona de agrícola	2461.27	77.79 – 6.74
EM 17	Cauce principal	Zona de agrícola	2418.06	77.79 – 6.73

#### **4.5.3. Periodo de muestreo**

El periodo de muestreo se dividió en dos etapas, determinadas a partir del conocimiento del calendario de lluvias. La primera, correspondiente a la época seca (junio-noviembre), se desarrolló en el mes de setiembre del 2017. La segunda corresponde a la época húmeda (diciembre mayo), se desarrolló en marzo del año 2018.

La colecta de macroinvertebrados acuáticos se realizó en dos muestreos, septiembre del 2017 y marzo del 2018. Para ello se utilizó red Surber, que consiste en un marco metálico de 30 cm<sup>2</sup> de área de superficie de muestreo al cual está unida una red cónica muy fina.

#### **4.5.4. Limpieza y determinación taxonómica**

La limpieza de los macroinvertebrados acuáticos se realizó en el laboratorio. Se colocaron las muestras en frascos de boca ancha previamente rotulados que contiene alcohol a 70% para su conservación. Para la determinación taxonómica se utilizó un estereoscopio binocular con cámara digital incorporada, y además de claves para la ponderación de niveles de calidad de agua (Domínguez y Fernández, 2009).

#### **4.5.5. Elaboración de un mapa de distribución de estaciones de muestreo**

Se usó el Sistema de Información Geográfica (SIG), a través del software ArcGIS (Esri, 2011) con la finalidad de representar en un mapa la distribución de los macroinvertebrados acuáticos.

#### **4.5.6. Implementación de la colección de macroinvertebrados acuáticos**

Los MIA identificados fueron conservados en alcohol al 70% en viales de vidrio debidamente rotulados, para implementar una colección de macroinvertebrados acuáticos presentes en la microcuenca Atuén, siendo almacenados en la Colección de Referencia de Macroinvertebrados Acuáticos ubicada en el Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas (LABISAG).

#### **4.5.7. Determinación de la Valoración de los MIA y su relación con la calidad del agua**

Para la valoración, se calculó el índice biológico de calidad BMWP/Col que corresponde a cada macroinvertebrado a utilizar como indicadores de calidad de agua. Se clasificaron las familias de los órdenes de macroinvertebrados en 10 niveles con las puntuaciones de 1 a 10, siendo el valor 10 el de menor tolerancia y 1 el de mayor tolerancia. Finalmente se realizó la sumatoria de todas las familias indicando los niveles de la calidad de agua, empleando la escala de severidad que contempla un rango de <15 a >150, de acuerdo a la sensibilidad de los organismos frente a la contaminación. Así tenemos:

Aguas fuertemente contaminadas (< 15), aguas muy contaminadas (16-35), aguas moderadamente contaminadas (36-60), aguas ligeramente contaminadas (61-100), aguas limpias no contaminadas o poco alteradas (> 100) (Roldan, 2003).

#### **4.5.8. Determinación de factores fisicoquímicos**

Paralelo a la recolección de material biológico se tomaron muestras de agua en frascos de plástico (con capacidad de 2000 ml) por cada estación de muestreo para el análisis de variables fisicoquímicas siguiendo la metodología dispuesta por el APHA (2005). Se evaluaron parámetros como fosfatos, nitratos, nitritos, demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), registrando *in situ* la temperatura del agua, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto (OD) y pH.

##### **✓ Determinación de fosfatos**

La concentración de fosfatos en un agua natural es fundamental para evaluar el riesgo de eutrofización. Para su determinación se utilizó el espectrofotómetro (Método 8190; HACH: PhosVer3, Digestión con Persulfato Ácido).

✓ **Determinación de Nitratos**

Los nitratos existentes en el agua, son habitualmente, consecuencia de una nitrificación del nitrógeno orgánico o proceden de la disolución de los terrenos atravesados por el agua. Contaminantes producto de actividades humanas (contaminación orgánica) o de la contaminación por abonos químicos. Pueden ser nocivos para la salud. Son peligrosos para concentraciones superiores a 50 mg/l. Se utilizó el espectrofotómetro (Método 8039; HACH: Reducción de Cadmio).

✓ **Determinación de Nitritos**

El nitrito es un compuesto nitrogenado intermedio entre el amonio y el nitrato y se caracteriza por su inestabilidad. Se forma por la oxidación de compuestos de amonio o por reducción de nitratos. La concentración en las aguas naturales usualmente se encuentra en cantidades de algunas décimas de mg/L. Cantidades altas solo están presentes en aguas residuales domesticas e industriales. Se utilizó el espectrofotómetro (Método 8507; HACH: Diazotización)

✓ **Determinación de Oxígeno Disuelto (O.D)**

Las mediciones se realizaron *in situ* de muestras de agua colectadas del cauce del río. La muestra de agua se colocó en una botella winkler de 300 mL de capacidad, evitando la entrada de aire atmosférico y formación de burbujas, y se midió con un Multiparamétrico (Método 4500-O G; APHA, AWWA, WPCF).

✓ **Determinación de Conductividad Eléctrica (C.E)**

La conductividad eléctrica se estima *in situ*, con la ayuda de un equipo multiparamétrico para factores físicos. Se usan los valores de conductividad para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos (Método 2510 B; APHA, AWWA, WPCF).

✓ **Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Para la determinación del DBO<sub>5</sub> se recolectó una muestra de agua en frascos oscuros de 250. Se determinó el DBO, con ayuda de un Fotómetro multiparamétrico modelo HANNA HI 83099, en el LABISAG. Esta prueba proporciona una medida de la contaminación

orgánica del agua, especialmente de la materia orgánica biodegradable (Método 8043; HACH: Dilución).

✓ **Determinación de pH**

El pH se determinó con un pH-metro HANNA. Se evaluó el pH para obtener un valor de la actividad del ión Hidrógeno y su efecto sobre las propiedades químicas y biológicas (Método 4500-H<sup>+</sup>; APHA, AWWA, WPFC).

✓ **Determinación de temperatura (T°)**

La temperatura del ambiente y del agua se medieron *in situ* por medio de un termómetro digital con sonda metálica marca NAHITA. Este parámetro es importante por los procesos de depuración de aguas, ya que una variación de la temperatura induce a una variación de la densidad y viscosidad del agua, influyendo sobre los procesos físicos y biológicos (Método 2550B; APHA, AWWA, WPFC).

✓ **Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno (DQO) es la medida de oxígeno equivalente a la materia orgánica que es susceptible a ser oxidada por un oxidante químico fuerte, en condiciones específicas de temperatura y tiempo. Se utilizó el espectrofotómetro (MÉTODO 8000; HACH: Digestión de Reactor).

## **4.5. Técnicas**

### **4.5.1. Criterios de Inclusión**

En este estudio se incluyó la microcuenca Atuén con agua desde su nacimiento hasta su desembocadura. Para cada estación de monitoreo se consideró accesibilidad segura, homogeneidad ecosistémica, existencia de una población o comunidad con desarrollo agrícola - ganadero y presencia de vertimientos de aguas residuales o de alcantarillado a la quebrada, cuidando que la estación esté a no menos de 500m del punto de vertido.



#### **4.5.2. Criterios de Exclusión:**

Se excluyeron cuerpos de agua del cauce de la microcuenca Atuén que se encontraron en las nacientes, ya que no mostraron homogeneidad ecosistémica. También se excluyeron áreas en puntos de vertido de aguas residuales.

#### **4.6. Análisis de datos**

Los análisis estadísticos se realizaron empleando el PAST 3.20. (Paleontological Statistics software). Se utilizaron la media ( $\bar{x}$ ), como medida de tendencia central y el coeficiente de variación de Pearson (CV) como medida de dispersión relativa. La estructura numérica de la comunidad de macroinvertebrados y la abundancia total y relativa se evaluó mediante los índices de diversidad de Shannon . Se relacionaron los valores de las variables ambientales y fisicoquímicas con el número de individuos encontrados, a través de un análisis de la calidad del agua, que se evaluaron mediante el índice (BMWP/Col).

##### **4.6.1. Índice de Shannon**

El índice de Shannon, se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como  $H'$  y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies (Pla 2006).

##### **4.6.2. Índice de Equidad**

Grado de igualdad de la distribución de la abundancia de las especies (Pla 2006)

## V. RESULTADOS

### 5.1. Variables fisicoquímicas

Las medidas de las variables fisicoquímicas se muestran en la Tabla 04. El pH fluctúa entre 8.2 - 8.8 con un promedio de 8.55. El mayor promedio se registró en la época seca y el más bajo en la época lluviosa, en cuanto al análisis de varianzas, presentó diferencias muy significativas entre ambas épocas (tabla 04).

La temperatura presentó variaciones leves entre 11.2 - 16.9 con un promedio de 13.56. El mayor promedio se registró en la época lluviosa y la más baja en la época seca, en cuanto al análisis de varianzas, presentó diferencias significativas entre ambas épocas (tabla 04).

El oxígeno disuelto presentó cambios entre 6.99 - 8.91 con un promedio de 8.12. El mayor promedio se registró en la época lluviosa y el más bajo en la época seca, en cuanto al análisis de varianzas, presentó diferencias no significativas entre ambas épocas (tabla 04).

La conductividad eléctrica presentó concentraciones bajas con un promedio de 289  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , que varía entre 145  $\mu\text{S}/\text{cm}$  - 432  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El mayor promedio se registró en la época seca y la más baja en la época lluviosa, en cuanto al análisis de varianzas, presentó diferencias significativas entre ambas épocas (tabla 04).

La concentración de nitratos fluctuó entre 0.10 mg/L - 4.68 mg/L con un promedio de 1.55 mg/L. El mayor y menor promedio se registraron en la época lluviosa, en cuanto al análisis de varianzas, presentó diferencias no significativas entre ambas épocas (tabla 04).

Los nitritos presentan variaciones mínimas entre 0.01 mg/L - 0.02 mg/L con un promedio de 0.015 mg/L. El mayor promedio se registró en la época seca y los promedios menores se registraron en las épocas seca y lluviosa, en cuanto al análisis de varianzas, presentó diferencias no significativas entre ambas épocas (tabla 04).

Las concentraciones de fosfatos fluctuó entre 0.04 ppm - 0.69 ppm con un promedio de 0.23 ppm. El mayor promedio se registró en la época seca y el

menor promedio se registró en la época lluviosa, en cuanto al análisis de varianzas, presentó diferencias muy significativas entre ambas épocas (tabla 04).

Las variaciones de la demanda bioquímica de oxígeno fluctuó entre 1.27 (mg/L de O<sub>2</sub>) - 20.27 (mg/L de O<sub>2</sub>) con un promedio de 7.65(mg/L de O<sub>2</sub>) El mayor promedio se registraron en la época lluviosa y el menor promedio se registraron en la época seca, en cuanto al análisis de varianzas, presentó diferencias significativas entre ambas épocas (tabla 04).

Las variaciones de la demanda química de oxígeno fluctuó entre 3.07 (mg/L de O<sub>2</sub>) - 36.3 (mg/L de O<sub>2</sub>) con un promedio 9.49 (mg/L de O<sub>2</sub>). El mayor y menor promedio se registró en la época seca, en cuanto al análisis de varianzas, presentó diferencias no significativas entre ambas épocas (tabla 04).

En comparación con los Estándares de Calidad Ambiental todos los parámetros fisicoquímicos medidos, son aceptables de acuerdo a la categoría E4 agua para uso de conservación del ambiente acuático, a excepción del fosfato que excede a la concentración permitida para este tipo de uso.

**Tabla 04:** Estadística descriptiva de los parámetros físicoquímicos en la microcuenca Atuen en época seca y época lluviosa para los 17 puntos de colecta.

Parámetro	Época	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	F	p	ECA
pH	Seca	8.37	8.80	8.64	0.12	1.4	37,32	1.51 x 10 <sup>-05</sup> **	Acceptable
	Lluviosa	8.20	8.56	8.45	0.09	1.05			Acceptable
T (°C)	Seca	11.2	16.3	13.12	1.32	10.03	4,47	0.050 *	Acceptable
	Lluviosa	11.8	16.9	13.99	1.55	11.1			Acceptable
OD (mg/L)	Seca	6.99	8.67	8.04	0.53	6.57	3.08	0.098 n.s.	Acceptable
	Lluviosa	7.48	8.91	8.2	0.46	5.61			Acceptable
CE (µS/cm <sup>2</sup> )	Seca	245	432	303.94	46.29	15.23	8.09	0.0117*	Acceptable
	Lluviosa	145	337	274.35	54.61	19.9			Acceptable
Nitratos (ppm NO <sub>3</sub> )	Seca	0.59	2.2	1.12	0.59	52.24	4.05	0.061 n.s.	Acceptable
	Lluviosa	0.1	4.68	1.97	1.52	76.96			Acceptable
Nitritos (ppm NO <sub>2</sub> )	Seca	0.01	0.12	0.02	0.03	135.65	1.36	0.2608 n.s.	Acceptable
	Lluviosa	0.01	0.02	0.01	0	33.4			Acceptable
Fosfatos (ppm PO <sub>4</sub> )	Seca	0.14	0.69	0.38	0.15	39.19	54.5	1.55 x 10 <sup>-06</sup> **	No aceptable
	Lluviosa	0.04	0.21	0.08	0.05	57.18			No aceptable
DBO5 (mg/L de O <sub>2</sub> )	Seca	1.27	19.58	5.89	5.61	95.18	7.39	0.01521*	Acceptable
	Lluviosa	5.33	20.27	9.4	3.09	32.91			Acceptable
DQO (mg/L de O <sub>2</sub> )	Seca	3.07	36.3	8.77	8.44	96.33	0.51	0.4863 n.s.	Acceptable
	Lluviosa	7.13	20.2	10.2	2.91	28.5			Acceptable

\*\*p < 0,001 = muy significativo; \*p < 0,05 = significativo; n.s. = no significativo

## 5.2. Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos

Los órdenes con mayor diversidad de familias en ambas épocas fueron Díptera con 10 familias, Coleóptera con 7 familias y Trichoptera con 5 familias (Tabla 05).

**Tabla 05.** Composición taxonómica y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en la época seca y época lluviosa de la Microcuenca Atué.

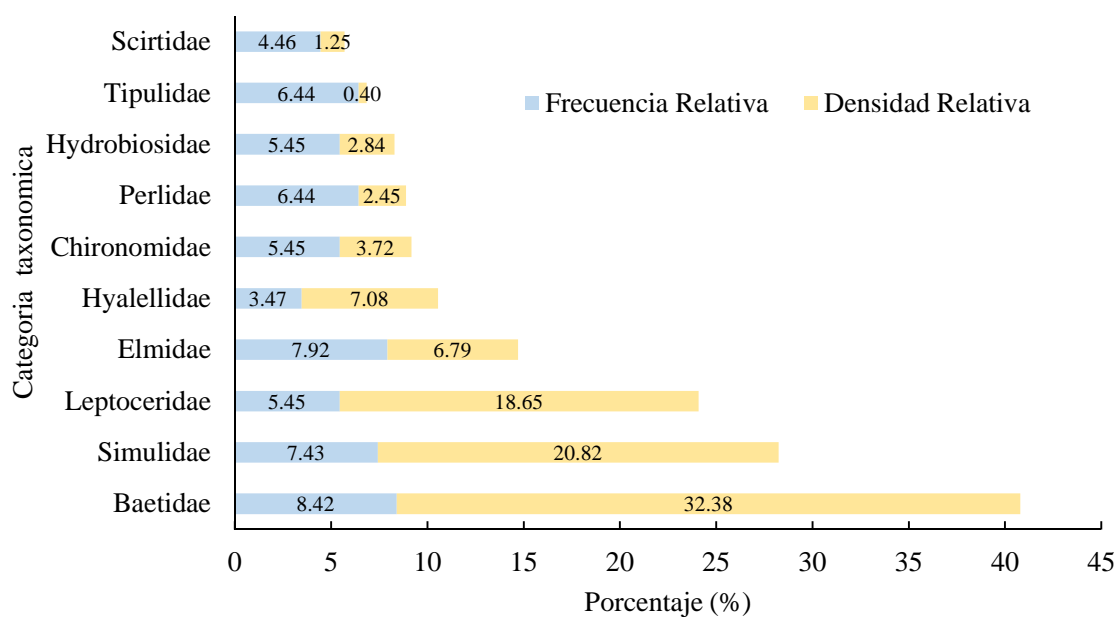
Categoría Taxonómica				Época			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Seca	Lluviosa		
Arthropoda	Crustácea	Amphipoda (1)	Hyaellidae	613	576		
		Insecta	Coleóptera (7)	Chrysomelidae	1	-	
	Elmidae			588	814		
	Hydrophilidae			3	2		
	Psephenidae			5	27		
	Ptilodactylidae			2	17		
	Scirtidae			108	202		
	Staphylinidae			28	14		
	Díptera (10)	Díptera (10)	Blephariceridae	21	9		
			Ceratopogonidae		2		
			Chironomidae	322	19		
			Empididae	16	15		
			Muscidae	3	1		
			Phoridae	2	-		
			Scathophagidae		1		
			Simuliidae	1802	67		
			Tabanidae	2	2		
			Tipulidae	35	61		
			Ephemeroptera (7)	Ephemeroptera (7)	Baetidae	2803	744
					Leptohyphidae	100	61
					Leptophlebiidae	4	15
			Gasterópoda (1)	Gasterópoda (1)	Limnaeidae		1
			Hemíptera (3)	Hemíptera (3)	Belosmatidae	2	-
	Hebridae	1			-		
	Hydrometridae				1		
	Hymenoptera (2)	Hymenoptera (2)	Formicidae	3	-		
			Ichneumonidae	1	-		
	Lepidoptera (2)	Lepidoptera (2)	Arctiidae	1	-		
			Crambidae	1	-		
	Odonata (1)	Odonata (1)	Libellulidae	1	-		
	Plecóptera (2)	Plecóptera (2)	Gripopterygidae		22		
			Perlidae	212	142		
	Trichoptera (6)	Trichoptera (6)	Calamoceridae	17	241		
			Helicopsychidae	6	6		
			Hydrobiosidae	246	90		
			Hydropsychidae	43	28		
Leptoceridae			1614	1155			
Annelidae	Oligochaeta	Odontoceridae	7	46			
			43	71			
<b>Total</b>				<b>8656</b>	<b>4452</b>		

**Tabla 06:** Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col, modificado para la microcuenca Atuén Roldan (2003).

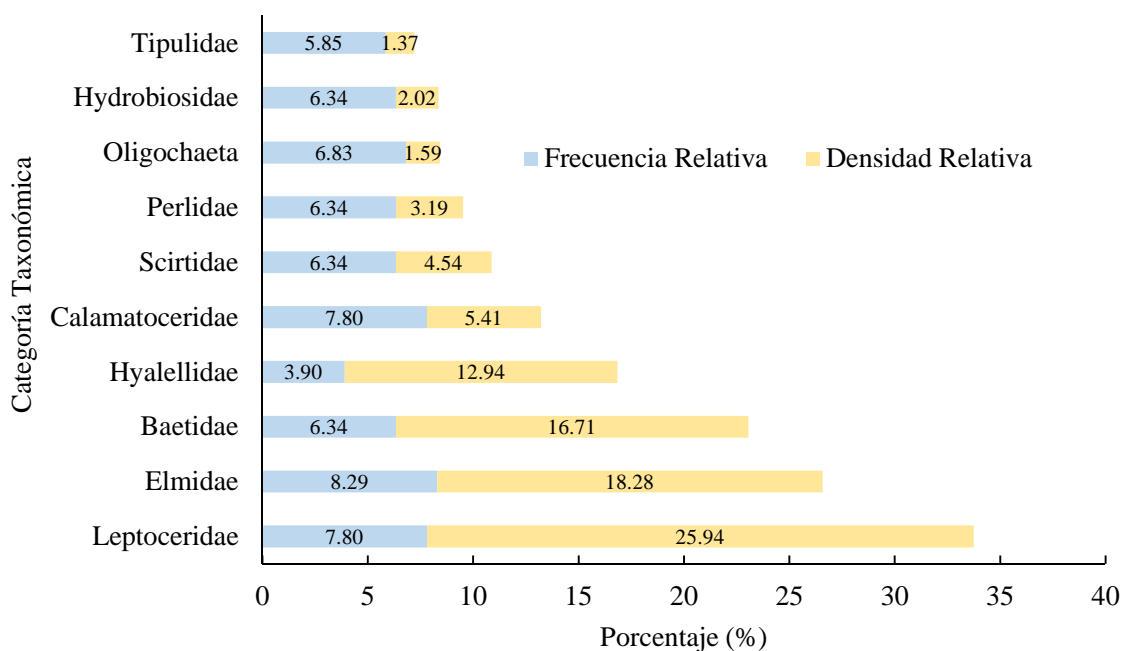
Familias	Puntajes
Blephariceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Perlidae, Psephenidae	10
Hydrobiosidae, Leptophlebiidae	9
Helicopsychidae, Hebridae, Leptoceridae Simullidae	8
Baetidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Scirtidae	7
Aeshnidae, Elmidae, Libelulidae, Staphylinidae, Limnidae	6
Belostomatidae, Hydropsychidae, Tabanidae	5
Chrysomelidae, Empididae, Lymnaeidae, Hydrometridae	4
Ceratopogonidae, Hydrophilidae, Tipulidae	3
Chironomidae, Muscidae	2
Oligochaeta	1

**Tabla 07.** Estadística descriptiva de los macroinvertebrados acuáticos en la época seca y época lluviosa de la Microcuenca Atuén.

Estadígrafo	Época	
	Seca	Lluviosa
Mínimo	1.00	1.00
Máximo	2803.00	1155.00
Suma	8656.00	4452.00
Promedio	254.59	148.40
Error Estándar	105.40	52.20
Varianza	377711.60	81755.83
Desviación Estándar	614.58	285.93




















**Figura 02:** Frecuencia y densidad relativa de las 10 familias con mayor representatividad de la micro cuenta Atuén en la época seca.



**Figura 03:** Frecuencia y densidad relativa de las 10 familias con mayor representatividad de la micro cuenta Atuén en la época lluviosa.

En las dos épocas de muestreo las familias Leptceridae, Elmidae, Baetidae y Simuliidae son las que representan mayor frecuencia y densidad relativa en toda la microcuenca Atuén


















**Tabla 08:** Ponderación taxonómica según el índice BMWP/Col para la época seca

Estación de Muestreo (EM)	Puntuación	Calidad	Color
EM 9	109	Buena	
EM 12	98	Aceptable	
EM 01	96	Aceptable	
EM 05	94	Aceptable	
EM 11	88	Aceptable	
EM 10	86	Aceptable	
EM 08	85	Aceptable	
EM 15	85	Aceptable	
EM 02	79	Aceptable	
EM 14	79	Aceptable	
EM 07	73	Aceptable	
EM 17	73	Aceptable	
EM 13	62	Aceptable	
EM 16	59	Dudosa	
EM 03	55	Dudosa	
EM 06	53	Dudosa	
EM 04	41	Dudosa	

Tal como se puede observar en la época seca, son las estaciones EM 09 y EM 12 las que presentan una mejor calidad de agua, seguido de las estaciones EM 01 y EM 05 que también presentan un valor similar. Las estaciones que muestran los valores más bajos de calidad de agua son las estaciones EM 03, EM 04, EM 06 y EM 16. Estas variaciones dispersas se deben a que la microcuenca se encuentra intervenida por las actividades agrícolas, ganadera y domésticas en estas estaciones más que otras, siendo estos factores los que impactan directamente sobre la calidad de agua y a la vez provocan cambios en las comunidades bióticas especialmente al grupo de macroinvertebrados acuáticos.



**Tabla 09:** Ponderación taxonómica según el índice BMWP/Col para la época lluviosa.

Estación de Muestreo (EM)	Puntuación	Calidad	Color
EM 07	124	Muy buena	
EM 04	107	Buena	
EM 14	95	Aceptable	
EM 12	93	Aceptable	
EM 08	91	Aceptable	
EM 05	88	Aceptable	
EM 15	87	Aceptable	
EM 17	79	Aceptable	
EM 02	77	Aceptable	
EM 01	76	Aceptable	
EM 06	76	Aceptable	
EM 05	75	Aceptable	
EM 10	64	Aceptable	
EM 13	64	Aceptable	
EM 11	62	Aceptable	
EM 16	61	Aceptable	
EM 09	50	Dudosa	

Los resultados son cambiantes en la época lluviosa. Se pudo observar que las estaciones EM 04 y EM 07 son las que presentan una mejor calidad, seguido de las estaciones EM 12 y EM 14 que también presenta un valor similar. Las estaciones que muestran los valores más bajos de calidad de agua son la EM 09, EM 10, EM 11 y EM 13. Estas variaciones consecutivas se deben a que la topografía de la parte baja de la microcuenca, las cuales son más accidentado, lo que ocasiona que en época de lluvias se produzca mayor arrastre de sedimentos relacionadas con las actividades agrícolas, ganaderas y domésticas, siendo estos factores los que impactan directamente a la calidad de agua y a la vez provocan cambios en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

### 5.3. Índices de diversidad de macroinvertebrados acuáticos

**Estadísticos descriptivos** de los indicadores de biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos ( época seca)

Estaciones de muestreo	Riquesa específica(S)	Densidad de Shannon (H')	Equidad (J')
EM1	15	1.821	0.4118
EM2	11	1.496	0.4056
EM3	8	0.8934	0.3054
EM4	7	1.669	0.7578
EM5	14	0.9362	0.1822
EM6	9	1.594	0.547
EM7	11	1.503	0.4085
EM8	13	1.569	0.3692
EM9	18	2.163	0.483
EM10	14	1.771	0.42
EM11	13	1.915	0.5221
EM12	12	0.8847	0.2019
EM13	12	0.4325	0.1284
EM14	11	1.798	0.5489
EM15	13	1.293	0.2801
EM16	9	0.9058	0.2749
EM17	12	2.052	0.6486

En las estaciones de muestro EM 01, EM 09 y EM 10 se encontraron mayor riqueza de familias de macroinvertebrados acuáticos. Según la diversidad de Shannon las estaciones EM 09 y EM 17 son las que representan mayor diversidad. A través del índice de equidad se evidencia que las estaciones EM 04 y EM 17 son las que presentan mayor riqueza y abundancia de especies (Tabla 10).

**Estadísticos descriptivos** de los indicadores de biodiversidad de  
macroinvertebrados acuáticos (época lluviosa)

Estaciones de muestreo	Riqueza especifica(S)	Densidad de Shannon (H')	Equidad (J')
EM1	12	1.997	0.614
EM2	13	1.744	0.4401
EM3	17	1.64	0.3032
EM4	16	2.065	0.493
EM5	13	1.987	0.561
EM6	9	1.615	0.5586
EM7	17	1.878	0.3848
EM8	14	1.876	0.466
EM9	7	1.432	0.5982
EM10	9	1.975	0.8011
EM11	9	1.344	0.4262
EM12	12	2.031	0.6354
EM13	9	1.643	0.5746
EM14	15	1.702	0.3655
EM15	13	1.456	0.3298
EM16	9	0.9968	0.3011
EM17	11	0.7728	0.1969

En las estaciones de muestro EM 02, EM 03 y EM 07 se encontraron mayor riqueza de familias de macroinvertebrados acuáticos. Según la diversidad de Shannon las estaciones EM 04 y EM 12 son las que representan mayor diversidad. A través del índice de equidad se evidencia en las estaciones EM 10 y EM 12 son las que presentan mayor riqueza y abundancia de especies (Tabla 11).

#### **5.4. Relaciones generales entre las familias de macroinvertebrados y las variables fisicoquímicas**

En la época seca, la abundancia de la familia Scirtidae tuvo una correlación negativa con pH ( $p = 0.0183$ ;  $r = -0.5642$ ), la familia Hyalellidae también tuvo correlación negativa con pH ( $p = 0.0234$ ;  $r = -0.5458$ ) la familia Scirtidae tuvo una correlación negativa con Nitratos ( $p = 0.0059$ ;  $r = -0.0052$ ) (Anexo. 07).

En la época lluviosa la abundancia de la familia Tipulidae tuvo una correlación positiva con Nitritos ( $p = 0.027$ ;  $r = -0.424$ ). La familia Hyalellidae presentó una correlación positiva con Nitritos ( $p = 0.028$ ;  $r = -0.532$ ), al igual que la familia Leptoceridae, que tuvo una correlación positiva con Nitratos ( $p = 0.039$ ;  $r = 0.504$ ) y la familia Scirtidae, que mostró una correlación positiva con oxígeno disuelto ( $p = 0.005$ ;  $r = 0.645$ ) (Anexo. 08).

## VI. DISCUSIÓN

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos el pH presentó variaciones entre 8.2 en la época lluviosa y 8.8 en la época seca (tabla 04). Estas variaciones mínimas podrían ser debido a la actividad fotosintética (CO<sub>2</sub>), que acontece por la luz del día (Villanueva y Chanamé, 2010). Así mismo, puede deberse a las concentraciones de pH producto de las condiciones edáficas por la que atraviesa la corriente y las actividades agrícolas y ganaderas (Pérez y Rodríguez, 2008). No obstante, estas variaciones se encuentran dentro de los rangos naturales para la vida acuática (MINAM, 2017).

La temperatura varió entre 11.2 en la época seca y 16.9 en la época lluviosa (Tabla 04), reflejando una temperatura uniforme en las dos épocas de muestreo. La temperatura es uno de los factores que limita la vida acuática y, de hecho, es una de las más constantes que adquiere gran importancia en el desarrollo de los distintos fenómenos, ya que determinan la tendencia de las propiedades físicas y la riqueza y la distribución de las familias de macroinvertebrados (Bustamante et al., 2008).

Los valores de oxígeno disuelto obtenidos en las 17 estaciones de muestreo en la época seca y época lluviosa reflejan los niveles relativamente buenos de oxígeno (Tabla 04). Sin embargo, la cantidad de oxígeno también depende de las características del cauce, la turbulencia del agua y los procesos químicos y biológicos (Guerrero et al., 2003).

Las concentraciones de fosfatos varían entre 0.04 ppm en época lluviosa y 0.69 ppm en la época seca (Anexos 01,02). Estas variaciones podrían deberse a la escorrentía producto de las lluvias y la erosión del suelo que en la época seca es menor, por lo tanto, la retención de fosfatos en el agua es mayor; en contraste durante la época lluviosa, debido al incremento de escorrentía y la erosión del suelo la retención de fosfatos en el agua es menor (Roldán y Ramírez, 2008). Así mismo, la abundancia de fósforo en el agua es una evidencia clara de que se han presentado eventos de eutrofización en el humedal producto del desarrollo urbano y las actividades agrícolas y ganaderas (Rivera et al., 2013).

De los resultados obtenidos de la composición de macroinvertebrados acuáticos en las 17 estaciones analizadas en la microcuenca Atuén en la época seca, las familias que presentan mayor abundancia fueron: Baetidae con un 32,38%, seguido por la familia Simuliidae con un 20,82%, y Leptoceridae con 18,65%, sumando un 71.85% del total de taxa (Figura 02). En

la época lluviosa, las familias que presentan mayor abundancia fueron: Leptoceridae con un 25.94%, Elmidae con un 18.28%, Baetidae con un 16.71%, sumando un 60.93% de total taxas (Figura 03). Estos resultados son similares en cuanto a la composición taxonómica a los encontrados por Valcárcel (2011) en un estudio realizado en la cuenca baja del río Utcubamba de la misma región, indicando una calidad de agua entre buena y aceptable. Estas similitudes encontradas pueden atribuirse a la semejanza de condiciones ambientales según Rivera et., al. (2013).

En cuanto a las frecuencias de familias de las 17 estaciones de muestreo para la época seca son: Baetidae con un 8.42%, Elmidae con un 7.92%, Simulidae con un 7.43%, sumando un total de taxas con mayores frecuencias 23.77% (Figura 02). Para la época lluviosa las familias con mayores frecuencias son: Elmidae con un 8.29%, Leptoceridae con un 7.80%, Calamoceratidae con un 7.80%, sumando un total de taxas con mayores frecuencias 23.89% (Figura 03). Estas familias, por sus frecuencias y por su rango de puntuación del índice, BMWP/Col nos indica que la calidad de agua en su mayoría es aceptable y está representada por color verde (Tablas 08 y 09), lo que significa que el agua de toda la microcuenca se encuentra ligeramente contaminada, justificándose por el tipo de hábitat en la que viven estas familias. Según (Guerrero 2003) la familia Baetidae vive en aguas rápidas, debajo de troncos, hojas, rocas adheridos a vegetación sumergida y son indicadoras de aguas limpias, aunque pueden tolerar un poco de contaminación orgánica. En cuanto a las familias Leptoceridae y Calamoceratidae, éstas viven en aguas corrientes y sustrato pedregoso, bien oxigenadas y son indicadores de aguas oligotróficas. Del mismo modo, la familia Elmidae, vive debajo de los troncos y rocas en zonas de corriente rápida de los arroyos (Villanueva y Chanamé, 2016).

Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos observados en el presente estudio son similares en cuanto a la composición taxonómica reportado en la cuenca del Río Utcubamba (Gamarra et al., 2018), siendo los órdenes Ephemeroptera, Coleoptera, Trichoptera y Díptera los más diversos y con mayor abundancia.

En la época seca las familias de macroinvertebrados que presentaron correlación con los parámetros fisicoquímicos fueron Scirtidae con pH ( $p = 0.0183$ ;  $r = - 0.5642$ ), la familia Hyalellidae con pH ( $p = 0.0234$ ;  $r = - 0.5458$ ) la familia Scirtidae con Nitratos ( $p = 0.0059$ ;

$r = - 0.0052$ ) (Anexo 07), significando que si el pH presenta variaciones los individuos de dichas familias disminuyen.

En la época lluviosa las familias de macroinvertebrados que presentaron correlación positiva con los siguientes parámetros fisicoquímicos fueron familia Tipulidae con Nitritos ( $p = 0.027$ ;  $r = -0.424$ ). La familia Hyalellidae con Nitritos ( $p = 0.028$ ;  $r = - 0.532$ ), al igual que la familia Leptoceridae, con Nitratos ( $p = 0.039$ ;  $r = 0.504$ ) y la familia Scirtidae con oxígeno disuelto ( $p = 0.005$ ;  $r = 0.645$ ) (Anexo 08). El aumento de Nitratos promueve la abundancia biológica de la familia Tipulidae (Rivera et al., 2013), es decir que al aumentar las variables fisicoquímicas aumenta la abundancia biológica de estas familias.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos analizados no concuerdan con los análisis biológicos, esto se debe a que los análisis fisicoquímicos son precisos y puntuales, mientras tanto los análisis biológicos no sólo proporcionan información puntual, si no también hacen referencias a situaciones que se hayan producido a través del tiempo (Oscoz, 2002).

## VII. CONCLUSIONES

- En la época seca se encontraron 8,656 individuos distribuidas en 34 familias, correspondientes a 11 órdenes. Por otro lado, en la época lluviosa, se encontraron un total de 4,452 individuos, distribuidos en 30 familias correspondientes a 10 órdenes.
- Los cambios en la comparación de macroinvertebrados acuáticos en época seca y época lluviosa fueron evidentes en la abundancia de cada época. La estructura de macroinvertebrados acuáticos se mantiene con mucha similaridad debido a la riqueza de especies encontradas en ambas épocas dando como resultado valores similares según el índice BMWP/Col en cuanto a la calidad del agua.
- En las estaciones de muestreo EM 03, EM 04, EM 06 y EM 16 en la época seca y en la época lluviosa en la estación EM 09 se observaron los índices más bajos en cuanto a la calidad de agua, mostrando una puntuación menor a 60 puntos según el índice biológico BMWP/Col. Esto lo clasifica como aguas de calidad dudosa o que presenta contaminación moderada, lo que posiblemente esté relacionado con la actividad ganadera que es la principal actividad antrópica que predomina en esta zona. Contrariamente, en la mayoría de estaciones de muestreo, la calidad de agua según el índice biológico es aceptable (mayor a 60 puntos), lo que indica que existe contaminación leve, o son aguas ligeramente contaminadas.
- Así mismo, según los resultados de los análisis fisicoquímicos en comparación con los ECAs categoría cuatro, las aguas para conservación del ambiente acuático, se encuentran óptimos para este tipo de uso. Por lo que se puede concluir que la ganadería, que es la principal actividad antrópica que se desarrolla en este lugar, no impacta significativamente a la calidad del agua de esta microcuenca.



## **VIII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar monitoreos de calidad de agua en cuencas hidrográficas con indicadores biológicos paralelamente con los parámetros fisicoquímicos para tener una visión más exhaustiva sobre el estado en que se encuentran los ecosistemas.
  
- Se necesita profesionales entrenados en taxonomía de organismos agua dulce y difundir a la sociedad del campo la importancia de la utilización de estos organismos como bioindicadores para determinar la calidad de una fuente de agua.
  
- Se recomienda realizar monitoreos de fuentes de agua en diferentes épocas del año, como mínimo hacer dos monitoreos una en época seca y otra en época de lluvias para obtener mayor información.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., Rios, B., Rieradevall, M., y Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1): 35-64.
- Alba - Tercedor, J. (1996). *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de los ríos*. IV Simposio del Agua de Andalucía (SIAGA), Almería, 2: 203 - 213. ISBN.: 84-7840-262-4. Universidad de Granada.
- Alba - Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., y Pujante, A. (2005). *Metodología para el establecimiento el estado ecológico según la directiva marco del agua: protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos*. Zaragoza, España: Confederación Hidrográfica del Ebro. p. 59.
- Alfaro, J. (2007). *Ecologiasomosnaturaleza. Comunidades-biticas*. Recuperado de [blogspot.pe.html](http://blogspot.pe.html).
- Bernal, H., Sierra, C., Angulo, M., y Onaindia, M. (2009). *Amazonia y Agua: Desarrollo sostenible en el siglo XXI*. Manaus Brasil: Servicio Editorial de laUnesco Etxea. p 526.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V., y Statzner, B. (2006). Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology*. 51: 495-523.
- Bonada, N. (2015). Els macroinvertebrats aquàtics dels ecosistemes fluvials. *LÁTZAVARA*, 25: 37-48.
- Bustamante, C., Durango, E. y Garcia, P., (2008). *Análisis de la calidad de agua en la cuenca media del río Quindío con bases en índices físicos químicos y biológicos*. Colombia: revista Universidad el Quindio 18:22-31.
- Castellón, R.D. (2013). *Evaluación Rápida De La Calidad Del Agua Utilizando Macroinvertebrados Acuáticos Durante La Temporada Lluviosa En La Microcuenca "El Chimbo"*. (Diplomado de Pos Grado). Universidad Nacional Autónoma de Honduras, El Chimbo. p. 33.

- Dominguez, E., y Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Tucuman, Argentina: Fundación Miguel Lillo, p. 656.
- Dominguez, E. (2010). *Sistemática, biología acuática y recursos naturales: una reflexión*. San Miguel de Tucumán, Argentina: Universidad Nacional de Tucumán. *Momentos de Cintia*, 7 (2): 97-100.
- Dourojeanni, A. (1994). La gestión del agua y las cuencas en América Latina. *CEPAL*, (53).
- Elosegui, A., y Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. España: Rubes Editorial.
- Esri. (2011). *ArcGIS Desktop: Release 10*. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Gamarra Torres, O. A., Corroto, F., Rascón, J., Leiva-Tafur, D., Barboza Castillo, E. (2018). *Macroinvertebrados acuáticos de la cuenca del río Utcubamba, Amazonas - Perú*. Chachapoyas, Perú: UNTRM. p. 150
- Guerrero, M., Marjerres, A. y Nuñez, N. (2003). *Los macroinvertebrados bentónicos de pozo azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad de agua*. Acta biológica Colombiana Vol. 8: (2) 46.
- Gil, J. (2014). *Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del Río Garagoa*. (Tesis de Maestría). Universidad de Manizales, departamento de Boyacá, Colombia, p. 84.
- González, G., Ramírez Y., Meza, A. M., y Díaz, L. (2011). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua. ISSN 0123 - 3068. *Bol.museum.history.natural*, 16 (2): 135 - 148
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F.: Mc Graw Hill. p. 518.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática, (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario* (089), p. 93.

- Medina-Tafur, C., Hora-Revilla, M., Asencio-Guzmán, I., Perada-Ruíz, W., y Gabriel-Aguilar, R. (2008). El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad, Perú. *SCIÉENDO Ciencia para el desarrollo*, 13(2): 1-15.
- MINAM. (2017). *D.S. N 004-2017-MINAM Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Lima, Perú: MINAM, p. 10.
- Morales, (2011). *¿Qué es un bioindicador? Aprendiendo a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos. Propuesta Metodológica*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Leticia, Colombia, p. 64.
- Oscoz, J. (2002). Estudio comparativo del estado ecológico de los ríos de la cuenca del Ebro mediante macroinvertebrados y diatomeas. *Limnetica*, 26 (1): 143-158.
- Paredes, C., Iannacone, J., y Alvarino, L. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Revista Peruana de Entomología*, (44): 107-118.
- Paredes, C., Iannacone, J., y Alvarino, L. (2005). Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rimac, Lima - Callao, Perú. *Revista Colombiana de Entomología*, 31(2): 219-225.
- Perez, A., y Rodriguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundacion *Revista de Costa Rica de Biología Tropical* , 56(4): p. 1911.
- Pla, Laura. (2006) Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31 de agosto : ISSN 0378-1844. 31 (8): p 582 - 590
- Poblete. E (2013). *Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la cuenca del río Chuyugual, la Libertad. Junio 2012 - Diciembre - 2012*. (Tesis de pre Grado). Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, p. 113.
- Rivera, J., y Pinilla, G. y Rangel, J. (2013). Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables físicas y químicas en el humedal de Jaboque - Colombia: *Caldacia*, 35 (2): 389 - 408.

- Roldan. (1992). *Fundamentos de Limnología neotropical*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, p. 529.
- Roldan, (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad de agua. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 23(88): 375-387.
- Roldan. (2003). *Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP*. Colombia: Editorial de la Universidad de Antioquia. Medellín, p. 170.
- Roldan, P. y Ramirez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, p. 321.
- Roldan, (2009). Desarrollo de la Limnología en Colombia: cuatro décadas de avances progresivos. *Actual Biología*, 31(91): 227 - 237.
- Roldan, (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista. Academica. Colombiana. Ciencia. Ex. Fis. Nat.* 40(155):254-274.
- Sermeño, J. M., Cervantes, L., Springer, M., Paniagua, M. R., Pérez, D., Rivas, A. W... Arias, A. Y. (2010). *Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos: índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010)*. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). San Salvador, El Salvador: Editorial Universitaria UES, p. 44.
- Springer, M. (2010). Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*, 58(4): 53-59.
- Valcárcel, R. (2011). *Evaluación de la degradación de ecosistemas dulceacuícolas en la cuenca baja del río Utcubamba (Amazonas - Perú) mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos*. (Tesis para optar título profesional de biólogo). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, p. 2011.
- Villanueva, M. y Chanamé, F. (2016). Analisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junin - Perú. *Scintia Agropecuaria*. 7 (1): 33 - 44.

## X. ANEXOS

**Anexo 01:** Determinación de los parámetros fisicoquímicos de la microcuenca Atué en época seca.

Estación Muestreo	pH	T (°C)	OD (mg/L)	CE (μS/cm <sup>2</sup> )	Nitratos (ppm NO <sub>3</sub> )	Nitritos (ppm NO <sub>2</sub> )	Fosfatos (ppm PO <sub>4</sub> )	DBO5 (mg/L de O <sub>2</sub> )	DQO (mg/L de O <sub>2</sub> )
EM 01	8.49	15.10	6.99	383.00	2.20	0.02	0.23	19.58	36.30
EM 02	8.57	16.30	7.02	334.00	1.67	0.02	0.26	13.40	16.40
EM 03	8.37	13.90	7.11	270.00	2.20	0.02	0.69	7.42	9.73
EM 04	8.69	12.00	7.73	432.00	0.66	0.01	0.32	17.87	19.93
EM 05	8.78	13.70	7.98	311.00	1.26	0.01	0.28	3.22	5.93
EM 06	8.43	11.60	7.96	325.00	0.86	0.01	0.49	2.72	4.00
EM 07	8.66	12.70	8.67	323.00	0.86	0.01	0.47	2.28	4.00
EM 08	8.67	13.00	8.19	290.00	1.13	0.01	0.52	3.02	5.73
EM 09	8.70	12.10	8.24	284.00	0.59	0.01	0.41	1.27	3.07
EM 10	8.76	12.90	8.35	275.00	0.66	0.01	0.46	2.58	4.00
EM 11	8.80	12.50	8.23	275.00	0.66	0.01	0.16	2.80	4.30
EM 12	8.60	13.60	8.60	245.00	2.19	0.02	0.30	2.95	4.00
EM 13	8.76	11.20	8.35	312.00	0.79	0.02	0.31	3.10	5.33
EM 14	8.60	12.30	8.36	280.00	0.66	0.01	0.52	2.98	5.07
EM 15	8.61	12.10	8.40	276.00	0.79	0.01	0.33	3.43	5.60
EM 16	8.63	13.60	8.36	277.00	1.26	0.01	0.14	4.70	7.10
EM 17	8.70	14.40	8.15	275.00	0.66	0.12	0.50	6.85	8.53

**Anexo 02:** Determinación de los parámetros fisicoquímicos de la microcuenca Atuén en época lluviosa.

Estación Muestreo	pH	T (°C)	OD (mg/L)	CE (µS/cm <sup>2</sup> )	Nitratos (ppm NO <sub>3</sub> )	Nitritos (ppm NO <sub>2</sub> )	Fosfatos (ppm PO <sub>4</sub> )	DBO5 (mg/L de O <sub>2</sub> )	DQO (mg/L de O <sub>2</sub> )
EM 01	8.38	16.40	7.69	337.00	0.86	0.01	0.11	9.93	10.20
EM 02	8.48	14.30	7.68	337.00	2.77	0.01	0.04	20.27	20.20
EM 03	8.31	12.20	7.48	289.00	0.10	0.02	0.04	10.07	10.40
EM 04	8.53	14.10	7.73	333.00	0.10	0.02	0.21	8.27	8.53
EM 05	8.56	14.60	7.57	334.00	0.86	0.01	0.14	8.53	8.73
EM 06	8.44	14.00	7.82	337.00	0.10	0.02	0.06	8.93	9.00
EM 07	8.56	14.40	8.21	334.00	1.81	0.01	0.08	8.27	8.33
EM 08	8.47	11.90	8.57	265.00	3.25	0.01	0.04	7.53	8.13
EM 09	8.49	11.90	8.56	226.00	3.25	0.01	0.04	9.87	10.13
EM 10	8.51	11.80	8.91	268.00	0.10	0.01	0.08	8.47	9.27
EM 11	8.48	12.40	8.78	145.00	4.20	0.01	0.07	5.33	7.13
EM 12	8.47	14.40	8.31	252.00	2.77	0.01	0.05	8.80	10.40
EM 13	8.20	13.30	8.54	240.00	1.81	0.01	0.12	8.07	9.47
EM 14	8.44	14.80	8.15	237.00	1.34	0.01	0.06	10.60	11.67
EM 15	8.43	15.50	8.56	242.00	3.72	0.01	0.11	10.87	12.80
EM 16	8.47	16.90	8.65	245.00	1.81	0.01	0.04	8.33	9.40
EM 17	8.46	14.90	8.15	243.00	4.68	0.01	0.14	7.73	9.53

**Anexo 03:** Número de Individuos por categoría taxonómica en cada estación de muestreo en la época seca (setiembre) del 2017.

Categoría Taxonómica <sup>1</sup>	Estación de Muestreo (EM)																	Sub Total
	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8	EM9	EM10	EM11	EM12	EM13	EM14	EM15	EM16	EM17	
Arctiidae									1									<b>1</b>
Baetidae	96	132	16	80	1250	51	400	140	48	170	15	7	7	9	312	51	19	<b>2803</b>
Belosmatidae										1			1					<b>2</b>
Blephariceridae	3	6			1				2		5				4			<b>21</b>
Calamoceratidae					2		1	4	1			7		2				<b>17</b>
Chironomidae	20	3		7	12	3	80		53	100	26					13	5	<b>322</b>
Chrysomelidae						1												<b>1</b>
Crambidae									1									<b>1</b>
Elmidae	44	15	3	51	110	20	58	77	58	24	23	23	2		32	41	7	<b>588</b>
Empididae	1					1		2	5	3	1		2		1			<b>16</b>
Formicidae													2	1				<b>3</b>
Hebridae															1			<b>1</b>
Helicopsychidae												6						<b>6</b>
Hyaellidae	4	6	367	13	8		5					210						<b>613</b>
Hydrobiosidae	21	11			49	13	55	4	33	14	14			10			22	<b>246</b>
Hydrophilidae								1					1				1	<b>3</b>
Hydropsychidae			16							4				3			20	<b>43</b>
Ichneumonidae													1					<b>1</b>
Leptoceridae			8			2		181	9	12	18	834		23	120	406	1	<b>1614</b>
Leptohiphidae		10							8	40	13	3	6	7		7	6	<b>100</b>
Leptophlebiidae													2	2				<b>4</b>
Libelulidae	1																	<b>1</b>
Muscidae								3										<b>3</b>
Odontoceridae		1					4					2						<b>7</b>
Oligochaeta	7			9	1		8		12	2				1			3	<b>43</b>



Categoría Taxonómica <sup>1</sup>	Estación de Muestreo (EM)																	Sub Total
	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8	EM9	EM10	EM11	EM12	EM13	EM14	EM15	EM16	EM17	
Perlidae	31	5		31	2		27	12	5	13	12	10		27	14		23	<b>212</b>
Phoridae											1				1			<b>2</b>
Psephenidae									1			3		1				<b>5</b>
Ptilodaptylidae	1				1													<b>2</b>
Scirtidae	4		66					3	2	1	3	26	2		1			<b>108</b>
Simuliidae	121	49	5	48	300	30	132	22	40	170	101		327	8	440	9		<b>1802</b>
Staphylinidae	1				3			14	1		2	1	1		1	1	3	<b>28</b>
Tabanidae					2													<b>2</b>
Tipulidae	1	3	4		4	5	1	1	2	6				1	5	1	1	<b>35</b>
<b>Sub Total</b>	<b>356</b>	<b>241</b>	<b>485</b>	<b>239</b>	<b>1745</b>	<b>126</b>	<b>771</b>	<b>464</b>	<b>282</b>	<b>560</b>	<b>234</b>	<b>1132</b>	<b>354</b>	<b>82</b>	<b>941</b>	<b>533</b>	<b>111</b>	<b>8656</b>

<sup>1</sup> Las categorías taxonómicas de los macroinvertebrados son a nivel de familia a excepción de *Oligochaeta* que es a nivel de Clase.

**Anexo 04:** Número de Individuos por categoría taxonómica en cada estación de muestreo en la época lluviosa (marzo) del 2018.

Categoría Taxonómica	Estación de Muestreo (EM)																	Sub Total
	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8	EM9	EM10	EM11	EM12	EM13	EM14	EM15	EM16	EM17	
Baetidae		15	1	67	22		125	126		9	94	81		130	38	19	17	<b>744</b>
Blephariceridae				1				2			2				4			<b>9</b>
Calamatoceridae		5	26	3	5	46	7	1	3	8	6	44	10	6	22	3	46	<b>241</b>
Ceratopogonidae								1						1				<b>2</b>
Chironomidae			4					13		1				1				<b>19</b>
Elmidae	59	27	3	43	58	94	162	49	23	18	51	42	21	72	46	26	20	<b>814</b>
Empididae									2					5	1	3	4	<b>15</b>
Gripopterygidae	14	2	1	5														<b>22</b>
Helicopsychidae												6						<b>6</b>
Hydropsychidae	8		6	1	6			5						2				<b>28</b>
Hyaellidae	14	104	176	45	73	48	34					82						<b>576</b>
Hydrobiosidae	1	3	4	2	8	4	23	24	2	6	1			11			1	<b>90</b>
Hydrometridae														1				<b>1</b>
Hydrophilidae																1	1	<b>2</b>
Leptoceridae	26	2	18	2		29	7	7	4	4	17	77	33	118	148	138	525	<b>1155</b>
Leptohyphidae					13	1	6	12		13			3	13				<b>61</b>
Leptophlebiidae		8						7										<b>15</b>
Limnaeidae								1										<b>1</b>
Muscidae			1															<b>1</b>
Odontoceridae	5	10	1	1	8	3	16	2										<b>46</b>
Oligochaeta	3	2	6	17	3		7	5			8	4	1	7	1	1	6	<b>71</b>
Perlidae	12		2	22		2	19	23		16		14	13	3	6	1	9	<b>142</b>
Psephenidae												26	1					<b>27</b>
Ptilodactylidae	3	5										1				2	6	<b>17</b>
Scathophagidae			1															<b>1</b>

Categoría Taxonómica	Estación de Muestreo (EM)																	Sub Total
	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8	EM9	EM10	EM11	EM12	EM13	EM14	EM15	EM16	EM17	
Scirtidae	53	13	57	5	16	15	2		13		2	19	2	2	3			<b>202</b>
Simuliidae			4	8	3		17	21				1		12	1			<b>67</b>
Staphylinidae				4	6		1								1		2	<b>14</b>
Tabanidae															2			<b>2</b>
Tipulidae	9	6	22	7	3		1	3	1	3	2		2		2			<b>61</b>
<b>Sub Total</b>	<b>207</b>	<b>202</b>	<b>333</b>	<b>233</b>	<b>224</b>	<b>242</b>	<b>437</b>	<b>292</b>	<b>48</b>	<b>78</b>	<b>183</b>	<b>397</b>	<b>86</b>	<b>384</b>	<b>275</b>	<b>194</b>	<b>637</b>	<b>4452</b>

**Anexo 05:** Determinación del índice del valor de importancia para la época seca.

Categoría Taxonómica	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Densidad Absoluta	Densidad Relativa	IVI
Baetidae	1.00	8.42	1832.03	32.38	40.80
Simuliidae	0.88	7.43	1177.78	20.82	28.24
Leptoceridae	0.65	5.45	1054.90	18.65	24.09
Elmidae	0.94	7.92	384.31	6.79	14.71
Hyaellidae	0.41	3.47	400.65	7.08	10.55
Chironomidae	0.65	5.45	210.46	3.72	9.17
Perlidae	0.76	6.44	138.56	2.45	8.88
Hydrobiosidae	0.65	5.45	160.78	2.84	8.29
Tipulidae	0.76	6.44	22.88	0.40	6.84
Scirtidae	0.53	4.46	70.59	1.25	5.70
Leptohyphidae	0.53	4.46	65.36	1.16	5.61
Staphylinidae	0.59	4.95	18.30	0.32	5.27
Oligochaeta	0.47	3.96	28.10	0.50	4.46
Empididae	0.47	3.96	10.46	0.18	4.15
Blephariceridae	0.35	2.97	13.73	0.24	3.21
Calamoceratidae	0.35	2.97	11.11	0.20	3.17
Hydropsychidae	0.24	1.98	28.10	0.50	2.48
Odontoceridae	0.18	1.49	4.58	0.08	1.57
Psephenidae	0.18	1.49	3.27	0.06	1.54
Hydrophilidae	0.18	1.49	1.96	0.03	1.52
Leptophlebiidae	0.12	0.99	2.61	0.05	1.04
Formicidae	0.12	0.99	1.96	0.03	1.02
Belosomatidae	0.12	0.99	1.31	0.02	1.01
Phoridae	0.12	0.99	1.31	0.02	1.01
Ptilodactylidae	0.12	0.99	1.31	0.02	1.01
Helicopsychidae	0.06	0.50	3.92	0.07	0.56
Muscidae	0.06	0.50	1.96	0.03	0.53
Tabanidae	0.06	0.50	1.31	0.02	0.52
Arctiidae	0.06	0.50	0.65	0.01	0.51
Chrysomelidae	0.06	0.50	0.65	0.01	0.51
Crambidae	0.06	0.50	0.65	0.01	0.51
Hebridae	0.06	0.50	0.65	0.01	0.51
Ichneumonidae	0.06	0.50	0.65	0.01	0.51
Libellulidae	0.06	0.50	0.65	0.01	0.51
	11.88	100.00	5657.52	100.00	200.00

**Anexo 06:** Determinación del índice de valor de importancia en la época lluviosa.

Categoría Taxonómica	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Densidad Absoluta	Densidad Relativa	IVI
Leptoceridae	0.94	7.80	754.90	25.94	33.75
Elmidae	1.00	8.29	532.03	18.28	26.58
Baetidae	0.76	6.34	486.27	16.71	23.05
Hyaellidae	0.47	3.90	376.47	12.94	16.84
Calamatoceridae	0.94	7.80	157.52	5.41	13.22
Scirtidae	0.76	6.34	132.03	4.54	10.88
Perlidae	0.76	6.34	92.81	3.19	9.53
Oligochaeta	0.82	6.83	46.41	1.59	8.42
Hydrobiosidae	0.76	6.34	58.82	2.02	8.36
Tipulidae	0.71	5.85	39.87	1.37	7.22
Simulidae	0.47	3.90	43.79	1.50	5.41
Odontoceridae	0.47	3.90	30.07	1.03	4.94
Leptohyphidae	0.41	3.41	39.87	1.37	4.78
Hydropsychidae	0.35	2.93	18.30	0.63	3.56
Ptilodactylidae	0.29	2.44	11.11	0.38	2.82
Empididae	0.29	2.44	9.80	0.34	2.78
Staphylinidae	0.29	2.44	9.15	0.31	2.75
Gripopterygidae	0.24	1.95	14.38	0.49	2.45
Chironomidae	0.24	1.95	12.42	0.43	2.38
Blephariceridae	0.24	1.95	5.88	0.20	2.15
Psephenidae	0.12	0.98	17.65	0.61	1.58
Leptophlebiidae	0.12	0.98	9.80	0.34	1.31
Ceratopogonidae	0.12	0.98	1.31	0.04	1.02
Hydrophilidae	0.12	0.98	1.31	0.04	1.02
Helicopsychidae	0.06	0.49	3.92	0.13	0.62
Tabanidae	0.06	0.49	1.31	0.04	0.53
Hydrometridae	0.06	0.49	0.65	0.02	0.51
Limnaeidae	0.06	0.49	0.65	0.02	0.51
Muscidae	0.06	0.49	0.65	0.02	0.51
Scathophagidae	0.06	0.49	0.65	0.02	0.51
	12.06	100.00	2909.80	100.00	200.00

	pH	T°	OD	CE	Nitratos	Nitritos	Fosfatos	DBO5	DQO	Scirtidae	Tipulidae	Hydrob
pH		0.2856	0.0213	0.7486	0.0097	0.8184	0.1231	0.2221	0.1813	0.0183	0.2921	0.2
T°	-0.2749		0.0073	0.8541	0.0043	0.1876	0.5441	0.0346	0.0289	0.4892	0.9012	0.7
OD	0.5529	-0.6250		0.0448	0.0173	0.8735	0.9289	0.0003	0.0004	0.1742	0.5132	0.6
CE	-0.0840	0.0482	-0.4922		0.9861	0.5635	0.4033	0.0002	0.0011	0.2440	0.5020	0.7
Nitratos	-0.6078	0.6552	-0.5682	-0.0046		0.7972	0.8241	0.1105	0.0529	0.0059	0.9497	0.5
Nitritos	0.0602	0.3358	-0.0418	-0.1508	-0.0674		0.4286	0.6562	0.7859	0.9841	0.5288	0.8
Fosfatos	-0.3887	-0.1582	-0.0234	-0.2168	-0.0583	0.2056		0.3517	0.2878	0.0636	0.1967	0.9
DBO5	-0.3124	0.5145	-0.7725	0.7816	0.4012	0.1165	-0.2409		0.0000	0.9172	0.4527	0.5
DQO	-0.3404	0.5293	-0.7575	0.7191	0.4769	0.0712	-0.2737	0.9474		0.9984	0.4795	0.7
Scirtidae	-0.5642	0.1801	-0.3457	-0.2988	0.6376	-0.0052	0.4594	0.0273	0.0005		0.6486	0.2
Tipulidae	-0.2714	0.0326	-0.1704	-0.1749	-0.0166	-0.1643	0.3294	-0.1952	-0.1841	0.1192		0.5
Hydrobiosidae	0.2790	0.0965	0.1210	0.0962	-0.1663	0.0590	-0.0061	-0.1682	-0.0723	-0.2946	0.1624	
Perlidae	0.0790	0.0578	0.0044	0.4528	-0.1541	0.2075	0.0471	0.4622	0.4721	-0.2831	-0.3693	0.1
Chironomidae	0.3502	-0.1080	0.2911	-0.0428	-0.3087	-0.1769	0.0734	-0.2280	-0.1704	-0.2101	0.2394	0.5
Hyaellidae	-0.5458	0.1935	-0.2817	-0.3070	0.6669	0.0024	0.4157	0.0179	-0.0293	0.9829	0.0830	-0.2
Elmidae	0.3369	0.0092	0.0871	0.2526	-0.0255	-0.3127	-0.2137	-0.0267	0.0365	-0.2920	0.0351	0.5
Leptoceridae	-0.0678	0.0913	0.3678	-0.4215	0.4334	-0.0728	-0.2633	-0.2026	-0.1995	0.2206	-0.2827	-0.3
Simulidae	0.3507	-0.2878	0.1916	0.0332	-0.2153	-0.2148	-0.2670	-0.1623	-0.0838	-0.2551	0.3289	0.2
Baetidae	0.3089	0.0978	0.0480	0.0866	-0.0029	-0.1713	-0.1353	-0.1397	-0.0954	-0.1898	0.3440	0.6

**Anexo 07:** Correlación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos para la época seca.

P = valor (significancia)   
 r = indice de correlación

	pH	T°	OD	CE	Nitratos	Nitritos	Fosfatos	DBO5	DQO	Scirtidae	Tipulidae	Hydrobiosidae	Perlidae	Chironomidae	Hyalellidae	Elmidae	Leptoceridae	Simulidae	Baetidae
pH		0.2856	0.0213	0.7486	0.0097	0.8184	0.1231	0.2221	0.1813	0.0183	0.2921	0.2782	0.7630	0.1682	0.0234	0.1861	0.7960	0.1675	0.2276
T°	-0.2749		0.0073	0.8541	0.0043	0.1876	0.5441	0.0346	0.0289	0.4892	0.9012	0.7124	0.8255	0.6798	0.4569	0.9721	0.7276	0.2626	0.7088
OD	0.5529	-0.6250		0.0448	0.0173	0.8735	0.9289	0.0003	0.0004	0.1742	0.5132	0.6438	0.9866	0.2570	0.2734	0.7395	0.1464	0.4614	0.8548
CE	-0.0840	0.0482	-0.4922		0.9861	0.5635	0.4033	0.0002	0.0011	0.2440	0.5020	0.7134	0.0680	0.8703	0.2307	0.3280	0.0920	0.8995	0.7409
Nitratos	-0.6078	0.6552	-0.5682	-0.0046		0.7972	0.8241	0.1105	0.0529	0.0059	0.9497	0.5234	0.5548	0.2280	0.0035	0.9225	0.0823	0.4067	0.9913
Nitritos	0.0602	0.3358	-0.0418	-0.1508	-0.0674		0.4286	0.6562	0.7859	0.9841	0.5288	0.8222	0.4243	0.4970	0.9927	0.2218	0.7814	0.4077	0.5109
Fosfatos	-0.3887	-0.1582	-0.0234	-0.2168	-0.0583	0.2056		0.3517	0.2878	0.0636	0.1967	0.9814	0.8576	0.7795	0.0971	0.4102	0.3072	0.3002	0.6046
DBO5	-0.3124	0.5145	-0.7725	0.7816	0.4012	0.1165	-0.2409		0.0000	0.9172	0.4527	0.5187	0.0618	0.3788	0.9457	0.9191	0.4355	0.5338	0.5929
DQO	-0.3404	0.5293	-0.7575	0.7191	0.4769	0.0712	-0.2737	0.9474		0.9984	0.4795	0.7827	0.0557	0.5132	0.9110	0.8895	0.4427	0.7492	0.7156
Scirtidae	-0.5642	0.1801	-0.3457	-0.2988	0.6376	-0.0052	0.4594	0.0273	0.0005		0.6486	0.2511	0.2709	0.4183	0.0000	0.2555	0.3948	0.3230	0.4657
Tipulidae	-0.2714	0.0326	-0.1704	-0.1749	-0.0166	-0.1643	0.3294	-0.1952	-0.1841	0.1192		0.5334	0.1446	0.3547	0.7516	0.8937	0.2716	0.1973	0.1764
Hydrobiosidae	0.2790	0.0965	0.1210	0.0962	-0.1663	0.0590	-0.0061	-0.1682	-0.0723	-0.2946	0.1624		0.5969	0.0260	0.2467	0.0126	0.1716	0.3370	0.0033
Perlidae	0.0790	0.0578	0.0044	0.4528	-0.1541	0.2075	0.0471	0.4622	0.4721	-0.2831	-0.3693	0.1382		0.4793	0.2981	0.9355	0.5048	0.6838	0.6699
Chironomidae	0.3502	-0.1080	0.2911	-0.0428	-0.3087	-0.1769	0.0734	-0.2280	-0.1704	-0.2101	0.2394	0.5378	0.1841		0.3782	0.4501	0.3954	0.7701	0.6428
Hyalellidae	-0.5458	0.1935	-0.2817	-0.3070	0.6669	0.0024	0.4157	0.0179	-0.0293	0.9829	0.0830	-0.2972	-0.2681	-0.2283		0.2743	0.1710	0.2753	0.5223
Elmidae	0.3369	0.0092	0.0871	0.2526	-0.0255	-0.3127	-0.2137	-0.0267	0.0365	-0.2920	0.0351	0.5903	0.0212	0.1964	-0.2812		0.9726	0.4235	0.0007
Leptoceridae	-0.0678	0.0913	0.3678	-0.4215	0.4334	-0.0728	-0.2633	-0.2026	-0.1995	0.2206	-0.2827	-0.3476	-0.1738	-0.2204	0.3481	-0.0090		0.3715	0.5243
Simulidae	0.3507	-0.2878	0.1916	0.0332	-0.2153	-0.2148	-0.2670	-0.1623	-0.0838	-0.2551	0.3289	0.2481	-0.1066	0.0766	-0.2806	0.2078	-0.2314		0.0327
Baetidae	0.3089	0.0978	0.0480	0.0866	-0.0029	-0.1713	-0.1353	-0.1397	-0.0954	-0.1898	0.3440	0.6694	-0.1116	0.1213	-0.1668	0.7413	-0.1660	0.5192	

**Anexo 08:** Correlación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos para la época lluviosa.

	pH	T°	OD	CE	Nitratos	Nitritos	Fosfatos	DBO5	DQO	Tipulidae	Hydrobiosidae	Oligochaeta	Perlidae	Scirtidae	Calamatoceridae	Hyalellidae	Baetidae	Elmidae	Leptoceridae
pH		0.840	0.908	0.473	0.756	0.606	0.760	0.954	0.773	0.147	0.175	0.338	0.777	0.151	0.551	0.708	0.133	0.119	0.876
T°	0.053		0.315	0.285	0.978	0.513	0.343	0.517	0.422	0.405	0.315	0.918	0.602	0.836	0.803	0.643	0.779	0.385	0.140
OD	0.030	0.259		0.001	0.061	0.025	0.320	0.110	0.265	0.019	0.899	0.260	0.540	0.005	0.584	0.001	0.390	0.664	0.736
CE	0.187	0.275	0.745		0.008	0.116	0.324	0.110	0.354	0.242	0.347	0.777	0.381	0.138	0.935	0.062	0.434	0.164	0.286
Nitratos	0.081	0.007	0.463	0.623		0.013	0.546	0.962	0.614	0.090	0.833	0.751	0.649	0.109	0.612	0.136	0.355	0.639	0.039
Nitritos	0.135	0.170	0.541	0.396	-0.589		0.464	0.854	0.578	0.027	0.634	0.122	0.945	0.137	0.217	0.028	0.430	0.952	0.459
Fosfatos	0.080	0.245	0.256	0.255	-0.158	0.191		0.320	0.326	0.963	0.435	0.032	0.150	0.626	0.898	0.527	0.740	0.926	0.402
DBO5	0.015	0.169	0.402	0.402	-0.013	-0.048	-0.257		0.000	0.414	0.653	0.366	0.223	0.454	0.709	0.097	0.350	0.575	0.620
DQO	0.075	0.208	0.286	0.240	0.132	-0.145	-0.254	0.975		0.593	0.410	0.319	0.184	0.656	0.927	0.182	0.396	0.382	0.997
Tipulidae	0.367	0.216	0.561	0.300	-0.424	0.534	-0.012	0.212	0.140		0.757	0.370	0.875	0.000	0.760	0.001	0.263	0.195	0.286
Hydrobiosidae	0.345	0.259	0.033	0.243	-0.055	-0.125	-0.203	-0.118	0.214	-0.081		0.515	0.069	0.403	0.258	0.814	0.004	0.010	0.353
Oligochaeta	0.247	0.027	0.289	0.074	-0.083	0.390	0.522	-0.234	0.257	0.232	0.170		0.108	0.852	0.623	0.614	0.028	0.519	0.923
Perlidae	0.074	0.136	0.160	0.227	-0.119	0.018	0.365	-0.312	0.338	-0.041	0.452	0.404		0.460	0.715	0.410	0.110	0.385	0.781
Scirtidae	0.364	0.054	0.645	0.375	-0.403	0.376	-0.127	0.195	0.117	0.787	-0.217	-0.049	-0.192		0.696	0.005	0.108	0.548	0.356
Calamatoceridae	0.156	0.065	0.143	0.022	0.132	0.316	-0.034	-0.098	0.024	-0.080	-0.290	-0.128	-0.096	0.102		0.301	0.458	0.881	0.027
Hyalellidae	0.098	0.121	0.714	0.462	-0.377	0.532	-0.165	0.416	0.340	0.719	-0.062	0.132	-0.214	0.645	0.266		0.436	0.625	0.299
Baetidae	0.380	0.073	0.223	0.203	0.239	-0.205	-0.087	-0.242	0.220	-0.288	0.663	0.531	0.402	-0.404	-0.193	-0.203		0.026	0.755
Elmidae	0.393	0.225	0.114	0.354	-0.123	-0.016	0.024	-0.146	0.227	-0.331	0.604	0.168	0.225	-0.157	-0.039	-0.128	0.538		0.446
Leptoceridae	0.041	0.373	0.089	0.275	0.504	-0.193	0.217	-0.130	0.001	-0.274	-0.240	0.026	-0.073	-0.239	0.535	-0.268	-0.082	-0.198	

P = valor (significancia)

r = conjunto de correlación



**Anexo 09:** Panel fotográfico de las estaciones de muestreo



**Fotografía 01.** Estación de muestreo 01  
en época seca.



**Fotografía 02.** Estación de muestreo 01  
en época lluviosa.



**Fotografía 03.** Estación de muestreo 02  
en época seca.



**Fotografía 04.** Estación de muestreo 02  
en época lluviosa.





**Fotografía 05.** Estación de muestreo 03  
en época seca.



**Fotografía 06.** Estación de muestreo 03  
en época lluviosa.



**Fotografía 07.** Estación de muestreo 04  
en época seca.



**Fotografía 08.** Estación de muestreo 04  
en época lluviosa.



**Fotografía 09.** Estación de muestreo 05  
en época seca.



**Fotografía 10.** Estación de muestreo 05  
en época lluviosa.





**Fotografía 11.** Estación de muestreo 06 en época seca.



**Fotografía 12.** Estación de muestreo 06 en época lluviosa.



**Fotografía 13.** Estación de muestreo 07 en época seca.



**Fotografía 14.** Estación de muestreo 07 en época lluviosa.



**Fotografía 15.** Estación de muestreo 08 en época seca.



**Fotografía 16.** Estación de muestreo 08 en época lluviosa.





**Fotografía 17.** Estación de muestreo 09  
en época seca.



**Fotografía 18.** Estación de muestreo 09  
en época lluviosa.



**Fotografía 19.** Estación de muestreo 10  
en época seca.



**Fotografía 20.** Estación de muestreo 10  
en época lluviosa.



**Fotografía 21.** Estación de muestreo 11  
en época seca.



**Fotografía 22.** Estación de muestreo 11  
en época lluviosa.





**Fotografía 23.** Estación de muestreo 12  
en época seca.



**Fotografía 24.** Estación de muestreo 12  
en época lluviosa.



**Fotografía 25.** Estación de muestreo 13  
en época seca.



**Fotografía 26.** Estación de muestreo 13  
en época lluviosa.



**Fotografía 27.** Estación de muestreo 14  
en época seca.



**Fotografía 28.** Estación de muestreo 14  
en época lluviosa.





**Fotografía 29.** Estación de muestreo 15  
en época seca.



**Fotografía 30.** Estación de muestreo 15  
en época lluviosa.



**Fotografía 31.** Estación de muestreo 16  
en época seca.



**Fotografía 32.** Estación de muestreo 16  
en época lluviosa.



**Fotografía 33.** Estación de muestreo 17  
en época seca.



**Fotografía 34.** Estación de muestreo 17  
en época lluviosa.