UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017.

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES

ROMERO GONZÁLES, DANTE JUNNIOR

TARRILLO SÁNCHEZ, HENRY JHONATAN

CHICLAYO*, *Julio del 2017

FIRMA DE ASESORA Y JURADOS DE TESIS

Mg. Ana María Juárez Chunga
ASESORA

Dr. Eduardo Julio Tejada Sánchez
PRESIDENTE

Mg. Luis Fernando Terán Bazán
SECRETARIO

Lic. José Eliseo Ayasta Varona
VOCAL

DEDICATORIA

Con profundo cariño y agradecimiento a Dios por permitir un logro más en nuestra formación profesional, así también a nuestros padres, por ser el pilar de apoyo para poder realizar las metas planteadas en nuestra vida, ya que gracias a ellos sobresalimos a las adversidades mediante su motivación y esfuerzo.

,

AGRADECIMIENTO

De manera particular a las Mg. Ana María Juárez Chunga y Verónica Albújar Canelo, docentes de la Universidad de Lambayeque por todo el apoyo brindado en el desarrollo de esta investigación.

A los profesores de la Universidad de Lambayeque que durante toda la carrera profesional han aportado a nuestra formación, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia, motivación han logrado en formar excelentes personas y profesionales.

A nuestros padres por la confianza brindada durante los cinco años de nuestra formación profesional, la cual constituye un motivo para continuar con nuestra superación.

Finalmente nuestro agradecimiento al laboratorio Regional del Agua - Cajamarca, por el apoyo y prestación de servicios bridados para el análisis de muestras en la caracterización fisicoquímica.

CONTENIDO

RESUMEN 10

I. INTRODUCION 1

II. MAR0CO TEÓRICO 3

2.1. Antecedentes bibliográficos 3

2.2. Base teórica 9

2.2.1. Parámetros Fisicoquímicos 9

2.2.1.1. Normativa sobre los parámetros fisicoquímicos a analizar 9

2.2.2. Macroinvertebrados bentónicos 11

2.2.2.1. Descripción de las familias de Macroinvertebrados. 12

2.2.3. Bioindicadores: 15

2.2.3.1. Importancia de la Bioindicación 16

2.2.3.2. Ventajas de uso 17

2.2.4. Índices Bióticos 17

2.2.4.1 Índice EPT 18

2.2.4.2 Índice BMWP 18

2.2.4.3 Índice ABI 18

2.3. Definición de términos básicos 19

2.4. Hipótesis 22

III. MATERIALES Y MÉTODOS 23

3.1. Tipo de estudio y diseño de investigación 23

3.2. Población, muestra y muestreo de estudio 23

3.2.1. Población de estudio 23

3.2.2. Muestra de estudio 24

3.2.3. Muestreo 24

3.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos. 28

3.3.1. Parámetros fisicoquímicos 28

3.3.2. Índices bióticos 32
3.4. Procesamiento de datos y análisis estadístico. 37
IV. RESULTADOS 38
V. DISCUSIÓN 58
VI. CONCLUSIONES 63
VII. RECOMENDACIONES 64
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65
IX. ANEXOS 72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de la zona en los 5 puntos de muestreo obtenidos de la quebrada Chambag… ……10
Tabla 2: Valor de los parámetros de la Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales…… ……11
Tabla 3: Descripción de la zona en los 5 puntos de muestreo obtenidos de la quebrada Chambag…..……26
Tabla 4: Parámetros fisicoquímicos medidos y sus respectivos métodos de medición para la calidad de agua en la quebrada Chambag, Santa Cruz. 2016 – 2017……..…….....…28
Tabla 5: Tipos de instrumentos utilizados para la medición de los parámetros fisicoquímicos en el quebrada Chambag……..……..... 31
Tabla 6: Clasificación de calidad del agua por número de familias según el índice EPT…..……..... 32
Tabla 7: Clasificación de calidad del agua según el índice BMWP…..…….33
Tabla 8: Clasificación de calidad del agua según el índice ABI……..33
Tabla 9: Tipos de instrumentos utilizados para la medición de los índices bióticos en la quebrada Chambag……35
Tabla 10: Composición Taxonómica de Macroinvertebrados bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017…….....…. . 43
Tabla 11: Clasificación de la calidad de agua, mediante la utilización del Índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT) en los 5 puntos de monitoreo durante Agosto, Diciembre del 2016 y Marzo del 2017……...……..52
Tabla 12: Clasificación de la calidad de agua, mediante la utilización del Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) en los 5 puntos de muestreo durante Agosto, Diciembre del 2016 y Marzo del 2017…..…….. 53
Tabla 13: Clasificación de la calidad de agua, mediante la utilización del Índice Biótico Andino (ABI) en los 5 puntos de monitoreo durante Agosto, Diciembre del 2016 y Marzo del 2017…… 53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de diseño descriptivo – comparativo. Donde M significa Macroinvertebrados y O: Calidad del agua ……..23
Figura 2: Diagrama de los pasos del muestreo. Donde se describen los pasos a seguir para la aplicación de los índices bióticos. ……..25
Figura 3: Mapa de ubicación de los puntos de muestreo. ..... ……..27
Figura 4: Caudales promedios de los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017. …….38
Figura 5: Temperatura de la Quebrada Chambag durante los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017……. 39
Figura 6: pH de la Quebrada Chambag durante los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017……. ..39
Figura 7: Conductividad de la Quebrada Chambag durante los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017. 40
Figura 8: DBO5 de la Quebrada Chambag durante los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017. 40
Figura 9: Oxígeno disuelto de la Quebrada Chambag durante los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017…….. 41
Figura 10: Composición Taxonómica de Macroinvertebrados bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017. …….. .42
Figura 11: Porcentaje de la composición Taxonómica de Macroinvertebrados bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017…….. ..... .42
Figura 12: Familia Oligneurmidae de la orden Ephemeroptera …….. 44
Figura 13: Familia Baetidae de la orden Ephemeroptera……..... 45
Figura 14: Familia Leptophlebiidae de la orden Ephemeroptera …… 45
Figura 15: Familia Leptohyphidae de la orden Ephemeroptera ……..... 45
Figura 16: Familia Chironomidae de la orden Díptera…… 46
Figura 17: Familia Simuliidae de la orden Díptera ……..... 47
Figura 18: Familia Psychodidae de la orden Díptera…… 47

Figura 19: Familia Tabanidae de la orden Díptera. …….. 47
Figura 20: Familia Ptilodactylidae de la orden Coleoptera ……..... 48
Figura 21: Familia Gyrinidae de la orden Coleoptera ……. ..... .48
Figura 22: Larva de la familia Elmidae, orden Coleoptera ……. ..... .49
Figura 23: Familia Gripopterygidae de la orden Plecóptera ……..... .49
Figura 24: Familia Xiphocentronidae de la orden Trichóptera ……..... 50
Figura 25: Familia Physidae de la orden gasterópoda ……. 50
Figura 26: Familia Oligochatea de la orden Annilida ……..... 51
Figura 27: Familia Planarüdae de la orden Tricladia ……..... 51
Figura 28: Relación del Caudal Promedio con el Numero de Macroinvertebrados Bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017. …….54
Figura 29: Relación de la Temperatura Promedio con el Numero de Macroinvertebrados Bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017……..55
Figura 30: Relación de la pH Promedio con el Numero de Macroinvertebrados Bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017……...55
Figura 31: Relación de la Conductividad Eléctrica Promedio con el Numero de Macroinvertebrados Bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017……..56
Figura 32: Relación de DBO5 Promedio con el Numero de Macroinvertebrados Bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017……...56
Figura 33: Relación de Oxígeno disuelto promedio con el Numero de Macroinvertebrados Bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017……..57

RESUMEN

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

PALABRAS CLAVES: Calidad del agua, macroinvertebrados, Quebrada Chambag y índices ABI, ETP y BMWP.

ABSTRACT

The quality of the water is altered as a result of the various anthropic activities, therefore the aim of this study was to assess the quality of water using benthic macroinvertebrates as indicators biotic in the Chambag, Santa Cruz, Cajamarca during August, December 2016 and March 2017, in 5 sampling points, resulting in the identification of 8 orders and 17 BMI family, of which the highlights are Ephemeroptera, Diptera and Coleoptera, with regard to the application of the Index ETP was obtained that the quality of the water in the 5 sampling points was poor, with respect to the index BMWP, in the QC-R has a slightly contaminated, in the QC-01, QC-02 has a dubious quality and QC-03, QC-04, are critical quality, this last index is related to the results of the index ABI, with a good quality, moderate and bad respectively; on the other hand, a physicochemical characterization with the following parameters: flow, temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen and BOD, most of these within the limits of the Peruvian legislation with the exception of the OD, since in the QC-03 of the month of December 2016 and QC-04 December and March were below the subcategory D2 Drink of animals

Keywords: Water quality, Macroinvertebrates, Ravine Chambag and ABI, ETP y BMWP index.

I. INTRODUCION

El agua es uno de los compuesto más abundantes de la tierra y vital para la vida en el planeta, por ello cualquier alteración de este recurso repercute tanto en los seres bióticos como en la belleza paisajística, por ejemplo: el crecimiento demográfico y el desarrollo industrial han afectado las características físicas, químicas y biológicas del agua, lo que ha permitido disminuir su disponibilidad para el consumo humano y el desarrollo de actividades económicas, tales como, el riego de cultivos y sobre todo el funcionamiento de sus procesos industriales, es así que teniendo en cuenta la escasez generalizada de este recurso, su destrucción gradual y la creciente contaminación, así como la implantación progresiva de actividades incompatibles en distintas regiones del mundo, exigen una planificación y ordenación integrada de los recursos hídricos, de modo que una de las acciones elaboradas fue el desarrollo de sistemas y métodos que utilizan organismos como indicadores bióticos, donde una especie es indicadora cuando se conoce la composición de su comunidad, ciclo de vida, estacionalidad y variación, permitiendo hacer una comparación del antes y después en una perturbación; dentro de estos organismos se encuentran las bacterias, protozoos, algas, peces y macroinvertebrados, en donde Alba-Tercedor, (1996) menciona que los macroinvertebrados son los más utilizados debido a tres razones fundamentales: Su tamaño, ya que se identifican a simple vista, la facilidad en su captura y reflejan las posibles alteraciones en el hábitat. Cabe señalar que de acuerdo con Segnini, (2003) en las últimas décadas el monitoreo con métodos biológicos se está revalorizando, convirtiéndose en una herramienta valiosa y complementaria de los métodos químicos y bacteriológicos, razón por la cual la utilización de macroinvertebrados como indicadores bióticos se viene dando con mayor frecuencia en los países desarrollados especialmente de Europa y Asia, ya que han diseñado metodologías que garantizan su efectividad al momento de evaluar la calidad del agua en quebradas, ríos, lagos o subterráneas; por otro lado en Latinoamérica los países que más experiencia han tenido trabajando con bioindicadores son Chile, Colombia, y Costa Rica, en cuanto al Perú el biomonitoreo se viene realizando por el creciente uso de los sistemas acuáticos como depósito final de evacuación de aguas residuales industriales y domiciliarias, tal es el caso de la

quebrada Chambag que viene sufriendo alteraciones a causa del lavado de vehículos, prendas de vestir, arrojo de residuos sólidos domiciliarios y el vertimiento de aguas residuales sin previo tratamiento, además cercano a este recurso hídrico existen áreas de cultivos donde los agricultores utilizan fertilizantes, insecticidas y plaguicidas, afectando las características fisicoquímicas y biológicas del agua, puesto que esta es usada para el riego de los cultivos y el excedente es vertida nuevamente a la quebrada aguas abajo, así también el agua es utilizada para la crianza de ganado vacuno, porcino y caballar, y como fuente de abastecimiento para el riego de áreas verdes.

Para dar respuesta al problema de investigación planteado: ¿Cuál es la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la Quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017?, se consideró como objetivo principal Evaluar la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017, a su vez se plantearon los siguientes cuatro objetivos específicos que permitieron garantizar el logro del principal, siendo el primero el de caracterizar la calidad fisicoquímica del agua con los parámetros de altitud, caudal, temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, demanda biológica de oxigeno (DBO_5) y oxígeno disuelto (OD); el segundo es identificar y describir a las familias de macroinvertebrados bentónicos encontrados en las zonas de muestreo; el tercero es determinar la calidad del agua utilizando tres índices bióticos: el Índice Biótico Andino (ABI), Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (ETP) y Biological Monitoring Working Party (BMWP), durante las épocas de creciente y vaciante; por último analizar la relación entre los parámetros fisicoquímicos y los Macroinvertebrados bentónicos presentes en la quebrada.

II. MAR0CO TEÓRICO

2.1. Antecedentes bibliográficos

La evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos se inició a principios del siglo XX introduciendo el concepto de Saprobidad, que según Segnini, (2003), en su investigación "El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente", lo describe como el grado de medida de contaminación orgánica del agua, señala también, que en la década de los años 80 la bioindicación estaba orientada a la comparación biológica de lugares poco intervenidos o impactados, Por lo tanto concluye que existen dos métodos basados en este enfoque, por un lado índices que miden la condición biológica en base a atributos de una comunidad y el otro de predicción mediante el uso de la estadística multivariada, en ambos casos se realiza para comparar sitios impactados o degradados con poca intervención.

En cuanto a Guerrero et al., (2003), en su investigación "Los macroinvertebrados bentónicos de pozo azul (Cuenca del Rio Gaira, Colombia) y su Relación con la Calidad del agua", realizó el estudio de algunos parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos con la finalidad de determinar la relación de la comunidad y la calidad del agua, llegando a estar saturada de oxígeno y por la ausencia de nitritos y amonio, lo que indica que no hay contaminación orgánica; por otro lado se colectaron 588 individuos de macroinvertebrados distribuidos en 11 órdenes y 38 familias, cuyas órdenes más representativos eran Trichóptera, Coleóptera, Díptera y Ephemeroptera; para determinar la relación de comunidad con la calidad del agua se utilizó el Índice BMWP, adaptado por la Universidad del Valle, Cali, Colombia, dando como resultado que esta se encuentra en óptima calidad.

Según Vivas et al., (2004) en su estudio “aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED” exploró las tendencias de variación de las familias y su relación con las variables físicoquímicas del agua, esto fue realizado a través de 2 análisis de gradientes, dando como resultado dicha variación a consecuencia de tres gradientes ambientales, la primera estuvo constituida por la salinidad y temperatura, el segundo fue el caudal y tercero fue la contaminación orgánica.

De acuerdo a Paredes et al., (2004) en la investigación de “Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú”, se realizó la evaluación a través del índice “Biological Monitoring Working Group" (BMWP), cuyo objetivo fue analizar la composición faunística, riqueza de familias y calidad del agua con base en el índice biótico exactamente en dos ríos del noreste de Perú en febrero-marzo 2002; donde la primera evaluación fue en el río Wuanwuas (Bagua, Amazonas), en siete estaciones de muestreo, cuyo resultado con la valoración del Indice BMWP fue de 67 puntos, catalogándose como agua de calidad aceptable; por otro lado la segunda evaluación fue en el río Amojú (jaén, Cajamarca), en ocho estaciones de muestreo, cuyo resultado fue de 38 puntos catalogándose como aguas contaminadas o de calidad dudosa/critica.

Cabe señalar que Paredes et al., (2005) realizaron un estudio similar al anterior, donde la investigación fue “Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua del río Rímac-Callao, Perú” teniendo como resultado de 6 zonas de muestreo 29 puntos aplicando el índice BMWP, catalogándose una calidad crítica o de aguas muy contaminadas.

Por otra parte en un programa de monitoreo de calidad del agua en cuencas realizado por Medina et al., (2008), siendo el título: “El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008.”, el cual fue ejecutado en 18 puntos de muestreo teniendo como resultado la presencia de 46 familias, 13 ordenes,

agrupados en 7 clases, y aplicando el índice BMWP adaptado y modificado para este monitoreo, se concluye que en la parte alta de la microcuenca Perejil tiene una calidad biológica regular, en cambio en la parte baja tiene una calidad mala, por otro lado en la parte alta de la microcuenca Caballo Moro tiene una calidad biológica mala y la parte baja muestran una calidad buena o aceptable, además en la parte alta de la microcuenca Chuyugual tiene un calidad regular y en la parte baja una calidad aceptable o buena, resalta también que estos dos últimos resultados se dan debido a que en la parte alta existen actividades que alteran la calidad del agua tales como: la minería, agricultura y ganadería.

Se sabe que la población ubicada en lugares ribereños causa impacto sobre el agua, es así que Correa et al., (2010), en sus estudios Efectos de una zona urbana sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un ecosistema fluvial del sur de Chile, indican que para que puedan determinar el efecto espacial de los centros urbanos rivereños sobre la calidad del agua realizaron 6 puntos de muestreo, donde encontraron 15 taxones, los cuales pertenecen al grupo de organismos tolerantes a condiciones de anoxia y a altas concentraciones de materia orgánica, también indican que existe una gran diferencia en la composición y abundancia de taxones en los diferentes puntos de muestreo, puesto que se ubicaron en zona pre-urbana, urbana y post-urbana; por otro lado los parámetros fisicoquímicos tales como pH, sólidos suspendidos totales y oxígeno disuelto explican los patrones observados en los macroinvertebrados, por ultimo concluyen que la comunidad de invertebrados es sensible a perturbaciones de origen antrópico.

En cuanto a la calidad del agua, esta se puede determinar por muchos métodos fisicoquímicos o biológicos, sin embargo en la actualidad los estudios por métodos biológicos, tienen mayor relevancia, ya que estos son más eficaces y económicos, por lo tanto los indicadores ambientales nos permiten diagnosticar la calidad del agua, dentro de ellos están los macroinvertebrados bentónicos que, según Aguirre (2011), en su estudio de monitoreo del río Yanuncay en Cuenca – Ecuador, indica que estos son animales acuáticos que determinan la

calidad del agua, ya sea con su presencia o ausencia, así también menciona que el uso de macroinvertebrados bentónicos se ha expandido alrededor del planeta, teniendo como resultados que en su tres tramos de monitoreo; es decir parte alta, media y baja, concluye que mediante el uso de los índices WQL y BMWP que la parte baja sufre alteraciones debido que la presencia de macroinvertebrados disminuye y los parámetros fisicoquímicos tienden a modificarse con datos negativos.

Sobre el estudio de la calidad del agua del río chili en Arequipa, mediante el uso del índice ABI que de acuerdo a Medina (2011), hace referencia a la presencia de macroinvertebrados con mayor incidencia en los ríos de la sierra, es decir parte andina, asimismo infiere que este índice es una adaptación del índice BMWP para poder obtener resultados más exactos y confiables, así que los realizó en tres estaciones a lo largo de la subcuenca del rio Chili en los meses de junio a agosto del 2011, donde se monitoreo tanto con macroinvertebrados y algunos parámetros fisicoquímicos, en cuanto a lo primero se identificaron 11 familias dentro de 9 ordenes, entre las cuales la más abundante fue Díptera , seguido por Trichóptera y Ephemeroptera ; concluyendo que la calidad del agua del río Chili, es de regular a mala o contaminada, porque la puntuación obtenida en el Índice ABI es 36.

En un estudio ejecutado para determinar la calidad del agua en los ríos Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande en Ecuador realizado por Endara (2012), analizó la diversidad y la abundancia de macroinvertebrados bentónicos utilizando los índices BMWP/Col y EPT, donde se determinó que el rio Alpayacu esta moderado contaminada debido a efectos antropogénicos, mientras que en los otros ríos tienen una calidad muy buena.

Por otro lado, Terneus et al., (2012), en su investigación sobre la utilización de macroinvertebrados bentónicos como Bioindicadores de la calidad del agua en el río Lliquino – Ecuador, pudo determinar la salud ecológica de este, dando como resultado que se encuentra en buenas condiciones, dicha investigación se

realizó en un periodo de 5 años, donde se registró la presencia y dominancia de especies indicadoras de buena calidad ambiental de las órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera, en cuanto a sus resultados indica que la mayor abundancia de macroinvertebrados se obtuvieron de ambientes rápidos frente a un menor abundancia en los ambientes lentos, cabe destacar que durante el periodo de monitoreo se encontraron 35 familias.

En el estudio para determinar la calidad del agua de quebradas en Colombia, realizado por Galindo et al., (2012), señalan que la utilización de macroinvertebrados y análisis fisicoquímicos dan un resultado positivo, es decir que la calidad del agua de estas quebradas están en buen estado.

Mientras tanto en un estudio de biodiversidad de macroinvertebrados en el sistema de cultivo de arroz en Piura realizado por Andrea y Mejía (2013), el cual se llevó a cabo en tres parcelas de arroz y en cada una se establecieron tres puntos de muestreo, la primera fue referencial en la entrada del agua de riego, la segunda fue en el drenaje principal y la tercera en el canal que desemboca en los manglares de San Pedro de Vice, teniendo como resultados de 2,24 con el índice Shannon-Wiener y una abundancia media de 450 macroinvertebrados, siendo mayores a los encontrados en el segundo y tercer punto; por otro lado la explicación a esto se da gracias a los parámetros fisicoquímicos analizados tales como: conductividad eléctrica, salinidad y oxígeno disuelto, ya que sufren variaciones negativos afectando la abundancia de macroinvertebrados entre los diferentes puntos de muestreo evaluados.

De acuerdo a Reyes (2013), en su estudio de “Macroinvertebrados acuáticos de los cuerpos lenticos de la Región Maya, Guatemala”, cuyos cuerpos fueron: Yaxhá, Sacnab, Petenchel, Quexil, Salpetén, Macanché, Sacpuy y Petén Itzá; estableciéndose para cada monitoreo 6 estaciones de muestreo como máximo y se obtuvieron un total de 38 familias predominando las ordenes de ondonata, coleóptera, tripchotera y Ephemeroptera, adicional a esto se realizaron análisis de los parametros físico químicos de temperatura, pH, salinidad, conductividad,

sólidos disueltos totales, nutrientes, sulfatos y profundidad; cabe resaltar que indica que hay mayor diversidad de especies de macroinvertebrados bentónicos en lugares donde no hay intervención del hombre y tiende a disminuir cuando aumenta las perturbaciones antrópicas, además infiere que la distribución de macroinvertebrados está influida por variables fisicoquímicas.

En relación con lo antes indicado, Salcedo et al., (2013) en su investigación de Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú; concluyen que la diferencia de calidad de hábitat ribereño y fluvial así como de conductividad, sólidos disueltos y nitratos influyen negativamente sobre la calidad del agua, por ende en la comunidad de macroinvertebrados.

Cabe resaltar que Cettraz et al., (2014) como resultado de su investigación aplicando índices de calidad de agua en un arroyo pampeano utilizando macroinvertebrados mencionan que al utilizar estos organismos se debe tener en cuenta las limitaciones como método para determinar calidad del agua debido a que no se cuenta todavía con índices ajustados regionalmente adaptados a la presencias de grupos taxonómicos locales.

Además, Cruz (2014), en su estudio para determinar la calidad del agua del rio Santa, concluye que este está impactado, el mayor impacto es aguas arriba, por lo tanto la contaminación por metales influye negativamente en la población de macroinvertebrados y por ende en la calidad del agua.

Finalmente, Correa y Vega (2015), en su trabajo de investigación de la calidad ecológica del río Mashcon en Cajamarca y Marga Marga en viña del mar de chile, donde realizan una comparación concluyen que el río tiene una buena calidad del agua, sin embargo no está en un rango óptimo, puesto que este río se encuentra en zonas donde la población humana arroja residuos sólidos y a la vez realizan actividades agrícolas en partes aledañas a este, por otro lado el río Marga Marga tiene una mala calidad, debido a que este se encuentra con mayor influencia de las actividades antrópicas.

2.2. Base teórica

En el Perú hay una estrategia para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental de los recursos hídricos (ECA-AGUA), que está sustentada por las siguientes normativas: Constitución Política del Perú de 1993; Ley de Recursos Hídricos Nº 29338; Ley General de Salud N° 26842; Ley Nº 26839, sobre la Conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad Biológica; Ley General de Residuos Sólidos Nº 27314; Ley General del Ambiente Nº 28611, siendo estas las principales normas jurídicas de la gestión de los recursos hídricos y específicamente de la calidad de las aguas en el territorio peruano.

Por otro lado en base a Autoridad nacional del Agua (ANA), quién es la máxima autoridad en temas del recurso hídrico en Perú, ha clasificado algunos cuerpos de aguas superficiales y marino costeros, a través de la R.J. N° 0112-2010-ANA, la cual tiene concordancia con el D.S. N° 015-2015 del MINAM, que en este caso la quebrada Chambag no tiene ningún estudio realizado, por tanto se le debe asignar la categoría del recurso al que tributa, es decir la categoría 3 del río Chancay, cabe señalar que está basado en el DS N° 0203-2009 del MINAM artículo 3, inciso 3.

2.2.1. Parámetros Fisicoquímicos

Acorde a Roldan, 1988 (citado por Álvarez y Pérez 2007), los parámetros fisicoquímicos son aquellos donde los organismos son más sensibles estos son a menudo el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura.

2.2.1.1. Normativa sobre los parámetros fisicoquímicos a analizar

En cuanto a los parámetros de caudal y temperatura no se registran valores como máximos y mínimos de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, sin embargo el pH, conductividad

eléctrica, oxígeno disuelto y DBO5 establecidos por el MINAN (2015) en el Decreto Supremo N° 015-2015 indican lo siguiente.

Que tanto para aguas superficiales destinadas para recreación en la subcategoría 1 – B, como el riego de vegetales y bebida de animales en la categoría 3, deben cumplir con los valores adecuados de los parámetros un valor de pH entre 6.5 y 8.5 en ambas subcategorías, un valor máximo de conductividad eléctrica de 2500 µS/cm en cultivos y 5000 µS/cm para bebida de animales, un valor mínimo de 4 y 5 Mg O2/L de Oxígeno disuelto para cultivos de tallo alto y bajo, y bebida de animales respectivamente.

Cabe destacar que la Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5) tiene un Límite de cuantificación del método (LCM) establecido por el Laboratorio Regional del agua, cuyo valor Límite es de 2.6, y de acuerdo a la normativa del MINAN (2015), establece un valor máximo de 15 mg/l en ambas subcategorías mencionadas anteriormente (ver tablas 1 y 2)

Tabla 1

Valor de los parámetros de la Subcategoría 1-B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetro	Unidad	Aguas superficiales destinadas a la recreación	
		B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Oxígeno disuelto	mg/l	Mayor o igual a 5	Mayor o igual a 4
Potencial de Hidrógeno	pH	6.5 – 9.0	**
Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/l	5	10

Nota. ** No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.
Fuente: Elaboración propia basado en los ECA-AGUA

Tabla 2:

Valor de los parámetros de la Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales

Parámetro	Unidad	riego de vegetales	bebida de animales
		D1: cultivos de tallo alto y bajo	D2: Bebida de animales
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/l	4	5
Potencial de Hidrógeno	pH	6.5 -8.5	6.5 – 8.4
Conductividad eléctrica	(uS/cm)	2500	5000
Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/l	15	15

Fuente: Elaboración propia basado en los ECA-AGUA

2.2.2. Macroinvertebrados bentónicos

Se denomina Macroinvertebrados bentónicos a:

Aquellos animales invertebrados, que, por su tamaño relativamente grande, son retenidos por redes de luz de malla de entre 250-300 µm. La mayoría de los mismos (alrededor del 80%) corresponden a grupos de artrópodos, y dentro de estos los insectos en especial sus formas larvarias, siendo las más abundantes (Alba-Tercedor, 1996).

Los macroinvertebrados como se indica anteriormente son de tamaño grande, es decir que estos son visibles al ojo humano, por lo tanto Palma (2013), se refiere que estos tienen un tamaño mayor a 500 µm (0,5 mm), además alude que entre las órdenes más comunes se encuentran la Diptera, Coleoptera, Plecoptera, Ephemeroptera y Trichoptera, por lo tanto Hellawell, (1986), deduce que para los investigadores tiene facilidad la utilización de estos organismos, debido que su muestreo es fácil, existen técnicas de muestreo estandarizadas y no requieren equipos costosos.

2.2.2.1. Descripción de las familias de Macroinvertebrados.

a) Ephemeroptera

Según su etimología es: Ephemero = Efímero, ptera = Alas, por tanto son alas efímeras, ya que hace referencia a la corta vida de los adultos, por ende para Domínguez et al. (2001), Forman parte de la fauna bentónica, ya sea en número de individuos o biomasa, es por ello que debido a su abundancia y tolerancia a diferentes grados de contaminación se utilizan como indicadores biológicos, cabe indicar que tanto para Roldán, (1988), y como para Medina (2011), las ninfas de Ephemeroptera viven por lo regular en aguas corrientes lenticas, loticas, limpias y bien oxigenadas; solo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación.

> Con respecto a este orden se debe de tener en cuente en su identificación los adultos y ninfas nunca deben de hacerse en seco, ya que al ser de tejidos blandos quedarían inservibles para su posterior estudio y determinación. Se deben de conservar en alcohol al 70% para adultos y 80-90% para las ninfas ya que al ser acuáticas, al introducirlas recién capturadas en la vía con alcohol rebajan la graduación de alcohol en agua. Para evitar, en parte el problema de la decoloración que presenta su preservación en alcohol, se puede añadir 10 ml de formol al 40% por cada 100 ml de alcohol. (Alba-Tercedor, 2004, citado por Y. Medina, 2011)

b) Plecóptera

Para flores (2014), la orden Plecoptera tienen las siguientes características: 2 antenas largas, delgadas y rectas, 2 colas largas, 3 pares de patas y no tienen branquias en el abdomen, así mismo:

> “Las ninfas de los Plecóptera viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Se ha observado en ciertos casos que son especialmente abundantes en riachuelos con fondo pedregoso, de corrientes rápidas y muy limpias situadas alrededor de

los 2000m de altura. Son, por tanto, indicadores de aguas muy limpias y oligotróficas" (Roldán, 1988).

c) Trichóptera

Esta orden también son indicadores de aguas limpias, cuyas características para Flórez (2014) son: Hombros esclerotizados (duros), uñas en la cola donde puede contener hojas y granos de arena pequeños, posee una cabeza más oscura a comparación del cuerpo que es enrollado, se debe indicar que existen 8 familias de Trichóptera y que en los ambientes acuáticos tanto quebradas como ríos según Álvarez y Pérez (2007) juegan un papel importante en la cadena alimentaria, debido a su diversidad, además gracias a su grado de tolerancia son útiles como bioindicadores de la calidad del agua y la salud del ecosistema acuático.

d) Coleóptera

Merritt y Cummins (1996) manifiestan que los coleópteros es una de los órdenes principal de macroinvertebrados ya que comprenden mayor diversidad, esto se debe a que viven en un amplio espectro de habitas, por ejemplo: sistemas de aguas frías, corrientes rápidas, aguas salobres, aguas estancadas, entre otros, así mismo Álvarez y Pérez (2007), concluyen que esas aguas donde habitan pueden ser loticas y lenticas, la primera se refiere a los sustratos como troncos y hojas, grava, piedras, arena y vegetación., la segunda en zonas donde la corriente no es fuerte y el agua es limpia, y con temperaturas media.

Además, Flores (2014) afirma que poseen 3 pares de patas iguales entre sí, cabeza esclerotizadas (duras), no presenta uñas en la cola y cuando son adultos tienen apariencia de escarabajos.

e) Díptera

De acuerdo a Flores (2014), Los dípteros tienen un parecido a gusano de moscas, no tienen patas articuladas cuando son larvas, por otro lado Oscoz (2009), menciona que la orden díptera se:

Se encuentran en zonas rápidos, cascadas o estancadas, debido a sus preferencias relacionadas con su respiración, es por ello que en esta orden hay requerimientos ambientales distintos entre familias, por ejemplo existen especies exigentes en cuanto a la calidad del agua y otras no, es decir que algunas familias son resistentes a alteraciones de la calidad del agua.

f) Acari

Según Palma (2013), no poseen antenas llegando a tener 8 patas y un tamaño entre 1 y 7 mm, además Flores (2014) agrega que estos animales tiene variedad de colores que van desde naranja hasta marrones.

g) Amphipoda:

Tanto Oscoz (2009), como Flores (2014) coinciden que pueden alcanzar grandes cantidades debido a que se alimentan de la materia orgánica degradada siendo muy tolerantes a la contaminación.

h) Annelida:

En cuanto a la orden Annelida, Oscoz (2009), menciona que tienen la forma de gusanos alargados, por otro lado Flores (2014), aclara que en cantidades excesivas de estos gusanos demuestra una zona muy contaminada debido a que algunos son parásitos de peces y camarones, siendo su alimento la materia orgánica degradada.

i) Collembola:

De acuerdo a Palma (2013), y Flores (2014), esta Orden viven en la superficie del agua exactamente en la hojarasca y troncos caídos, en cuanto a sus características poseen 6 patas y una cola larga llegando a alcanzar un tamaño de 1 a 3 mm.

j) Gasteoropoda:

Según Oscoz (2009), son pequeños caracoles que poseen una sola concha enrollada en forma de espiral viviendo debajo de piedras y vegetación soportando varios tipos de hábitats.

k) Tricladida

Para Flores (2014), estos animales viven en aguas lentas, donde se acumulan las hojas y también pegados a las piedras teniendo un cuerpo pegajoso de un color marrón.

2.2.3. Bioindicadores:

Luna (2009), señala que un indicador de la calidad del agua puede ser un organismo que se encuentra en un ecosistema cuya población es similar o superior a los demás organismos, así también, Aguirre (2011), menciona que los bioindicadores son atributos de los sistemas biológicos empleados para estudiar características de su ambiente, estos suelen ser especies, asociaciones, población y comunidad, por lo tanto un bioindicador "… Es un organismo, acuático en este caso, que por su presencia mayor o menor abundancia nos indica alguna condición del ecosistema acuático, como el grado de contaminación…" (Ladrera et. al. 2013).

Es necesario recalcar que estos organismos en acorde a Palma (2013), gozan de requerimientos relacionados a variables físicas o químicas, por lo tanto la presencia, ausencia, número, morfología o de conducta de un

bioindicador, indican que las variables consideradas, sobrepasan los límites de tolerancia.

2.2.3.1. Importancia de la Bioindicación

Los organismos, por el hecho de vivir en el agua durante varios días o meses, integran los cambios que se producen de todos los parámetros fisicoquímicos, (…) mientras la química nos da una fotografía instantánea del río, los macroinvertebrados son como un video que cuando lo rebobinamos nos informa de lo que pasó hace un tiempo (Ladrea et. al. 2013), por lo tanto de acuerdo a Pineda y Quiroz (2015), los bioindicadores pueden ser organismos o restos de restos de estos mismos, el objetivo que tienen los bioindicadores es ayudar a determinar acontecimientos producidos y directamente relacionados con el estudio de su hábitat, por ende un organismo tendrá mayor utilidad como indicador mientras más estrecho sea su límite de tolerancia.

Cabe señalar, que conforme a Ladrera et al., (2013), los diferentes taxones de macroinvertebrados tienen diferentes niveles de tolerancia, debido a distintos tipos de perturbaciones del ecosistema, por lo tanto podemos relacionar grupos de macroinvertebrados con una perturbación concreta, al mismo tiempo según Álvarez (2009) su importancia radica en el aporte de información, en concordancia al esfuerzo utilizado tanto económico, temporal, personal.

Álvarez (2009), indica que los macroinvertebrados son apreciados como parte de la cadena trófica, fundamentalmente para los peces, debido a la existencia de macroinvertebrados bentónicos, juegan un papel indispensable del flujo natural tanto de energía y nutrientes, ya que al morir los macroinvertebrados, se descomponen y los nutrientes que estos dejan son aprovechados por otros organismos o plantas presentes en el ecosistema.

2.2.3.2. Ventajas de uso

Las ventajas del uso de invertebrados son múltiples, por eso en la actualidad la utilización como indicadores biológicos son los más utilizados en cuanto a la evaluación de la calidad del agua, debido a su:

> Simplicidad metodológica, ya que presenta ventajas técnicas asociadas a los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, los que pueden ser realizados con equipo simple y barato, encontrarse en todos los sistemas acuáticos, por lo que favorecen los estudios comparativos, su naturaleza sedentaria, que permite un efectivo análisis espacial de los efectos de las perturbaciones, la taxonomía de la mayoría de los grupos está bien estudiada y existen numerosos métodos para el análisis de datos, incluyendo índices bióticos y de diversidad, rapidez en la obtención de los resultados y alta confiabilidad, lo que hace de estos métodos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de la calidad del agua en las cuencas y ríos en general…(Castellón, 2013).

Además, según Roldán (2003) los macroinvertebrados son los mejores indicadores de calidad de agua debido a que:

Existen en grandes cantidades y amplia distribución con ciclos de vida largos llegando a ser sedentarios en su mayoría, el cual facilita la identificación y recolección, más aún el poder conocer las variaciones ambientales en un corto tiempo ya que responden rápidamente a los tensores ambientales.

2.2.4. Índices Bióticos

Si bien es cierto existen diferentes tipos de índices ambientales con respecto a este tema, tanto Herbas et al., (2006) como Correa, (2000) coinciden que los índices bióticos son los mejores métodos para la evaluación de la calidad en un ambiente acuático llegando a utilizar los grupos taxonómicos y su grado de tolerancia a parte de la riqueza y abundancia, siendo los siguientes los más utilizados.

2.2.4.1 Índice EPT

Hace referencia a la presencia de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera dentro de una comunidad, donde Roldán, 1999, (citado por Giacometti y Bersosa, 2006) manifiestan que las adaptaciones evolutivas a diferentes condiciones ambientales y límites de tolerancia a una determinada alteración dan las características para ser considerados como organismos sensibles por no soportar variaciones en la calidad del agua, apoyando su uso como un indicador en el cálculo del índice.

2.2.4.2 Índice BMWP

El Biológical Monitoring Working Party Store System (BMWP) de acuerdo a Alba-Tercedor, (1996) en este índice los macroinvertebrados bentónicos se ordenan en 10 grupos siguiendo un gradiente de menor a mayor tolerancia a la contaminación y cada familia le corresponde una puntuación que oscila entre 10 y 1.

Asimismo Aguirre, (2011) señala que las especies con puntaje alto son las menos tolerantes a la contaminación del agua y las menos puntuadas las más resistentes a la presencia de contaminantes

2.2.4.3 Índice ABI

El índice biótico andino (ABI), según Prat et al., (2009) está basado en el índice BMWP creado para ríos de gran Bretaña, siendo esta adaptación para la parte andina partiendo de una lista de taxas que tienen la distribución por encima de los 2000 m.s.n.m.

Además Prat et al., (2009) menciona que uno de los problemas de este índice es su adaptación a diferentes zonas donde las familias

presentes no son las mismas y su grado de tolerancia o intolerancia a la contaminación no se conoce.

2.3. Definición de términos básicos

Bentos: Según Gonzales y Maestre (2014), es una comunidad ya sea de animales invertebrados o no, los cuales se caracterizan por habitar el fondo y la superficie de un hábitat acuático.

Bioindicador: Para R y Resh (1993), citado por Álvarez y Pérez, (2007) un bioindicador puede ser una especie o especies que en su presencia o ausencia indica variables físicas o químicas en los requerimientos que estas poseen en cuanto a su límite de tolerancia, además Gonzales y Maestre (2014), indica que este puede ser descrito o medido de acuerdo al tipo de variable cualitativa o cuantitativa y está a lo largo del tiempo muestra tendencias en las características de la biodiversidad.

Calidad biológica: "… Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias" (Alba-Tercedor, 1996)

Calidad del agua: Para Correa (2000), la calidad del agua es la aptitud que esta presenta en cuanto a su uso, por ejemplo para bebida del hombre y animales, riego y recreación, etc., por otro lado el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2006 refiere que la calidad se condiciona por sus características físicas, químicas y biológicas, ya sea natural o alterada, por lo tanto la calidad del agua se basa a los usos que se le da, puesto que el agua es de calidad cuando esté exenta de sustancias o microorganismos peligrosos para el consumidor.

Conductividad eléctrica: De acuerdo a Álvarez y Pérez, 2007, la conductividad eléctrica es la capacidad de una solución acuosa de conducir una corriente eléctrica, esta "… capacidad depende de la presencia de iones disueltos, sus concentraciones absolutas y relativas, su movilidad y su valencia y de la temperatura y la viscosidad de la solución..." (Salcedo et al., 2013)

DBO: "Esta medida determina la cantidad de materia orgánica bioquímicamente degradable presente en una muestra de agua, la cual mide la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para estabilizar la materia orgánica en condiciones aeróbicas..." (Auquilla, 2005).

Época de creciente: Acorde a Gonzales y Maestre (2014), la época de corriente se caracteriza por el aumento del caudal de los ríos producto de las lluvias intensas, la cual en el Perú tiene un periodo de los meses de diciembre a abril.

Época de vaciante: De acuerdo a la Gonzales y Maestre (2014), la época de vaciante es el periodo de disminución de las lluvias y por ende del caudal de los ríos, este periodo dura entre los meses de junio a setiembre.

Especie: según Gonzales y Maestre (2014) define a especie como un conjunto de individuos que viven en una misma área, las cuales tienes características físicas comunes, así también igual número de cromosomas, por lo tanto se pueden reproducir entre ellas**,** cabe señalar que Tinaut y Ruano (2002), mencionan que las especies bioindicadoras, son aquellas que presentan más sensibilidad a ciertos procesos.

Filo: Según Oscos (2009), es una clasificación taxonómica encontrándose debajo del Reino, la cual agrupa organismos con un mismo sistema de organización

Gradiente ambiental: para Mata y Quevedo (1998) es un cambio progresivo, agudo o suave, en las características de un ambiente, bioma o zona geográfica.

Índice Biótico: conforme a la Confederación Hidrográfica del Ebro, (2005), el índice biótico transcribe la información obtenida en una lista faunística o vegetal en valores ya establecidos, el cual permite comparar y comprobar cambios en las comunidades biológicas.

Larva: Para Oscoz (2009), define a una larva como el estado inmaduro, es decir cuando el individuo está en su época de crecimiento, y esta se distingue bastante al estado adulto de un invertebrado.

Macroinvertebrados: "Se consideran a los animales invertebrados que tienen un tamaño superior a 500 µ. Constituyen el grupo dominante en los ríos, aunque también se encuentran en la zona litoral y el fondo de lagos y lagunas…". (Gonzales y Maestre (2014)

Ninfa: De acuerdo a Oscos (2009), se define como el estado inmaduro o juvenil más sencillo de un macroinvertebrado, el cual tiene parecido a un adulto pero a diferencia de este tiene un menor tamaño y sus alas un desarrollo incompleto.

Oxígeno Disuelto: Según Alberto (2009), el OD es la cantidad de oxígeno en el agua, la cual es un indicador de la calidad de agua, es decir indica que tan contaminada está el agua, por tanto es un parámetro de gran importancia, Así también, para Álvarez y Pérez (2007), el OD constituye un indicador del soporte del agua a la vida vegetal y animal, menciona también que este indicador está muy relacionado con la temperatura del agua, ya que menor temperatura mayor cantidad de oxigeno hay.

Potencial Hidrógeno (pH): Según Prieto, 2004 sostiene que el pH mide la tendencia de acidez o alcalinidad, por ejemplo un pH menor de 7 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que mayor de 7 muestra una tendencia

hacia la alcalinidad, cabe señalar que Severiche, Castillo y Acevedo (2013), indican que el valor del pH depende de la temperatura, por lo tanto ellos recomiendan determinarlo de manera in situ.

Población: "Grupo o conjunto de individuos de una sola especie." (Gonzales y Maestre (2014)

Saprobio: conforme a Kolkwitz y Marsson (1908), saprobio es la dependencia a sustancias orgánicas por parte de un organismo, esta dependencia es como fuente de alimento.

Taxón: Unidad taxonómica, por ejemplo familia, género o especie. (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2005)

Taxonomía: De acuerdo a la UNMSM (2014) taxonomía es la Ciencia que se encarga de clasificar organismos, ya sea biológica, sistemática y de forma jerarquizada.

Temperatura: "La temperatura es un parámetro físico que afecta mediciones de otros como pH, alcalinidad o conductividad…" (Salcedo et al., 2013), más aún la Organización Mundial de la Salud, 2006, señala que si la temperatura del agua es alta puede ser potencia para la proliferación de microorganismos ocasionando el aumento de problemas tanto en el sabor, olor, color y corrosión.

2.4. Hipótesis

La calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca abarca los niveles justo, dudoso y moderado en relación con los índices EPT, BMWP y ABI, es decir se encontraron menor número de familias indicadoras de buena calidad de agua.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de estudio y diseño de investigación

El tipo de estudio realizado fue descriptivo, debido que se trató de ampliar los conocimientos que se tienen sobre los macroinvertebrados bentónicos a través de su clasificación y descripción conforme se presenta en la naturaleza, asimismo la presencia y ausencia de estos indican la calidad del agua, siendo esta un problema real, por consiguiente el diseño de investigación planteado fue comparativo**,** porque se hizo un contraste de una sola variable, la cual fue la calidad del agua llevándose a cabo en cinco puntos de muestreo en las épocas creciente y vaciante.

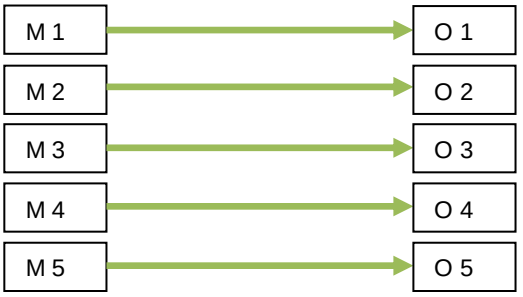

Figura 1: Esquema de diseño descriptivo – comparativo.
M: Macroinvertebrados y **O:** Calidad del agua

3.2. Población, muestra y muestreo de estudio

3.2.1. Población de estudio

La población estuvo conformada por los macroinvertebrados bentónicos de los 5 puntos de muestreo ubicados en la quebrada Chambag, distrito de Santa Cruz, provincia del mismo nombre, departamento de Cajamarca.

3.2.2. Muestra de estudio

La muestra de estudio estuvo constituido por los grupos taxonómicos de macroinvertebrados bentónicos, en este caso las órdenes, las cuales fueron: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleóptera, Díptera, Amphipoda, Collembola, Tricladida, Acari, Gasteropoda y Annelida, cabe señalar que los grupos taxonómicos pueden variar en cada estación de muestreo producto de los factores naturales y antropogénicos que inciden en la calidad del agua de la quebrada.

3.2.3. Muestreo

El tipo de muestro fue no probabilístico por cuotas, ya que se dividió en subgrupos poblacionales con la finalidad de identificar a los macroinvertebrados bentónicos, describir las características de cada subgrupo que estuvo conformada por las familias, y otorgar un valor de opinión.

La colecta de la muestra se realizó tres veces en cinco puntos de muestreo (uno de ellos llamado punto de referencia, es decir un lugar con escasa intervención antrópica), basándose en la guía de vigilancia ambiental con macroinvertebrados bentónicos en Cajamarca, tomando como fechas idóneas los meses de Agosto, Diciembre del 2016 y Marzo del 2017, ya que estas fechas se encuentran en época de vaciante (Junio a Setiembre) y época de corriente (Diciembre a Abril), cabe señalar que los puntos muestreados se seleccionaron en términos de distancia e influencia de actividad antrópica y por la accesibilidad a estos, quienes fueron identificados en un recorrido preliminar y georreferenciados en UTM (Universal Trasversal de Mercator) con un GPS (Global Positioning System). (Ver anexo 9).

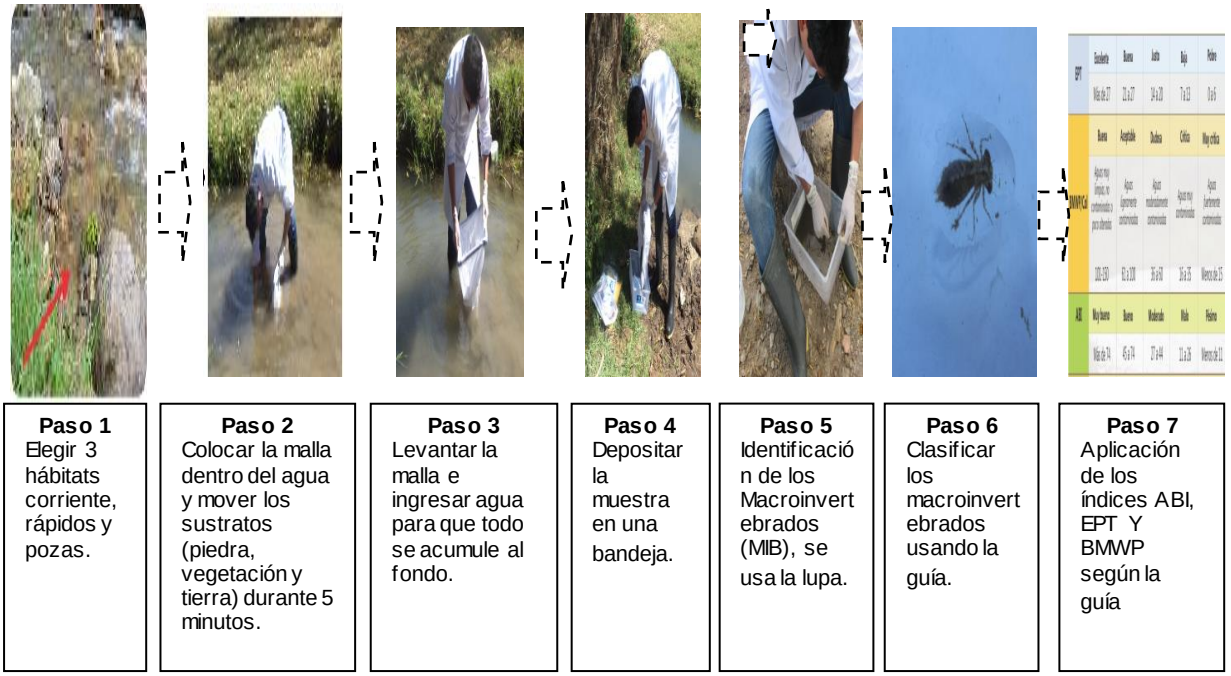

Figura 2: *Diagrama de los pasos del muestreo. Donde se describen los pasos a seguir para la aplicación de los índices bióticos.*

3.2.3.1. Área de estudio

La quebrada Chambag está ubicada en el norte del Perú, sus aguas alimentan al río Chancay el cual pertenece a la vertiente del Pacifico, la quebrada políticamente está situada en el distrito de Santa Cruz, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca (ver figura 3), teniendo como naciente las partes altas del distrito mencionado y atraviesa la zona urbana del mismo desembocando en el río Chancay a 1400 m.s.n.m., cabe destacar que el muestreo se realizó a más de 2000 m.s.n.m., por lo tanto se estableció cinco puntos de muestreo que se describen en la tabla 3.

De acuerdo con el Gobierno Regionald de Cajamarca (2011), la provincia de Santa Cruz presenta un clima del tipo semiseco, templado y semifrío, con ausencia de lluvias en las estaciones de otoño, invierno y primavera, llegando a tener temperaturas máximas promedio que son

aproximadamente constantes durante el año y fluctúan alrededor de los 22 °C y las temperaturas mínimas desde los 10 °C promedio, esto ocurren en los meses de julio y agosto, cabe señalar que como en la mayor parte de la sierra, las temperaturas máximas y mínimas promedio disminuyen gradualmente con la altura.

Tabla 3:

Descripción de la zona en los 5 puntos de muestreo obtenidos de la quebrada Chambag.

Quebrada	PM	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE MUESTREO	Ubicación Geográfica UTM		Altura m.s.n.m
			W	S	
CHAMBAG	QC-R	Ubicado en zona cubierta de vegetación boscosa con senderos que brindan la accesibilidad.	727636	9266155	2046
	QC-01	Punto de fácil acceso, rodeado de zonas agrícolas, a orillas de la quebrada, con presencia de arena y grava.	727598	9266595	2033
	QC-02	Punto ubicado dentro del ámbito urbano, bajo el puente que conecta al Jr. Bolognesi, siendo este un punto crítico por presencia de residuos sólidos y aguas residuales.	727420	9267050	2023
	QC-03	El punto tiene fácil acceso ya que se ubica a 50 metros del Salón de Usos Múltiples, con zonas aledañas agrícolas y a orillas existen rocas grandes, arena y vegetación ribereña.	727446	9267402	2021
	QC-04	Zona de fácil acceso porque cruza la vía de evitamiento que conecta la parte urbana del distrito con el estadio y carretera al distrito de Chota, cubierto con vegetación boscosa y agrícola.	727395	9267684	2013

Fuente: elaboración propia

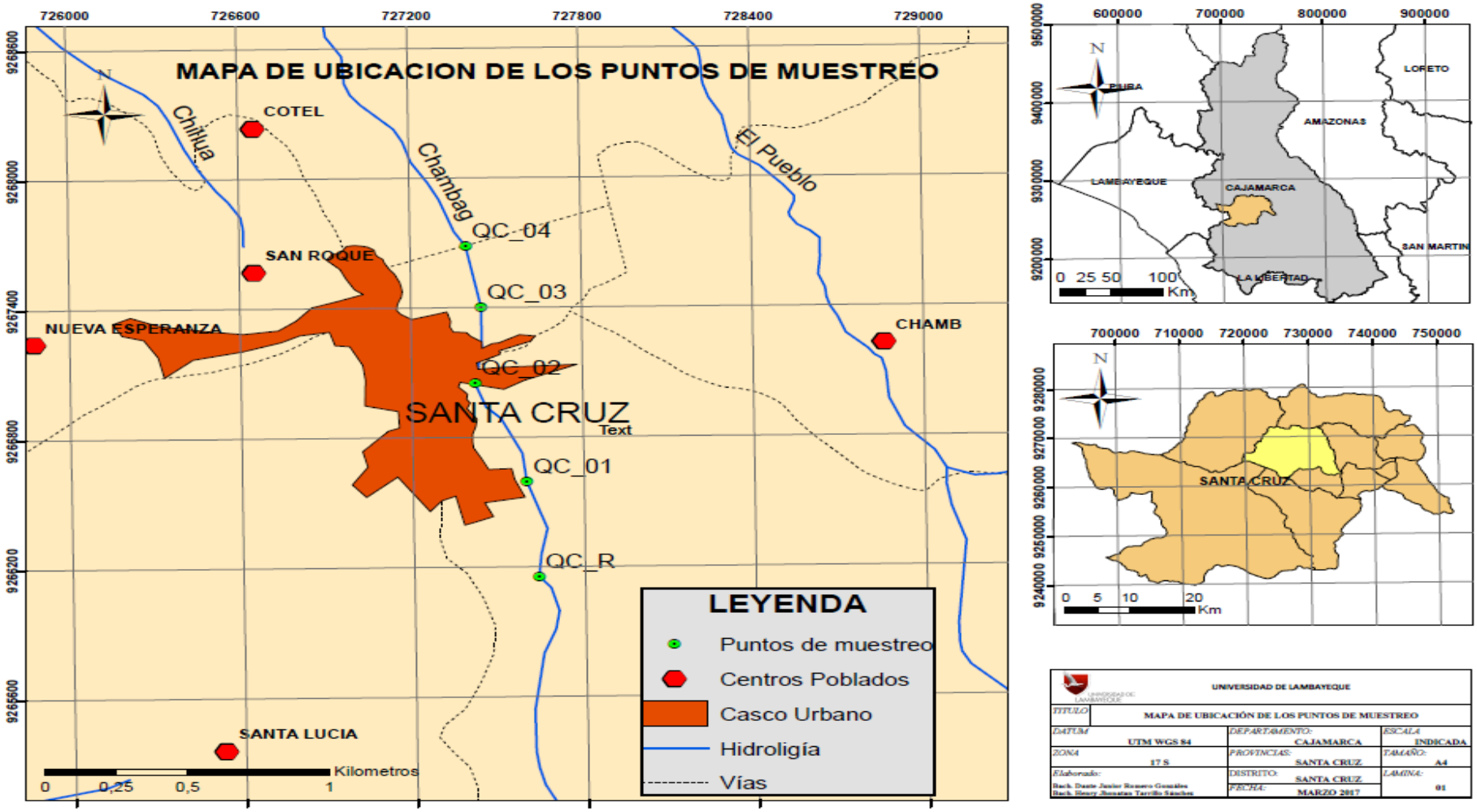

Figura 3: *Mapa de ubicación de los puntos de muestreo*.

3.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.3.1. Parámetros fisicoquímicos

3.3.1.1. Métodos

La medición del caudal y temperatura se realizó in situ, mientras el pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y DBO fueron realizados en el Laboratorio Regional del Agua - Gobierno Regional de Cajamarca ubicada en el Jr. Luis Alberto Sánchez S/N. Urb. El Bosque, Cajamarca – Perú.

Tabla 4:

Parámetros fisicoquímicos medidos y sus respectivos métodos de medición para la calidad de agua en la quebrada Chambag, Santa Cruz. 2016 – 2017.

Parámetro	Unidad	Método
Caudal	m^3/s	Técnica del flotador
temperatura	°C	Medición directa con un Termómetro
pH	0 – 14	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+.B.22ndEd. 2012. pH. Value: Electrometric Method.
Conductividad eléctrica	uS cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part. 2510. B. 22ndEd. 2012. Conductivity. Laboratory Method.
Oxígeno disuelto	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part. 5220 D 22ndEd. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.
DBO	mg O_2/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500 – O C nd Ed. 2012: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.

Fuente: Elaboración propia basado en la información realizado por el Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca.

3.3.1.2. Técnicas

3.3.1.2.1 Técnica de la medición de los parámetros fisicoquímicos

En conformidad al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (2016), se identificó el punto donde se va a monitorear, para ello se registró la información en la ficha de identificación de punto de monitoreo (ver anexo 1), además los parámetros a medir se anotaron en el registro de datos (ver anexo 2), adicionalmente se tomó medidas físicas de la quebrada en cada punto de muestreo como la velocidad promedio de la corriente, el área trasversal y la ubicación geográfica con la ayuda de un GPS portátil. Por tanto el procedimiento de medición para cada parámetro se realizó de la siguiente manera:

a) En campo

Caudal: Según la ANA (2016), para determinar el caudal mediante la técnica del flotador se debe establecer la relación de velocidad por área: Primero, se calculó la velocidad seleccionado una área homogénea entre una longitud apropiada entre 30 a 100 m, seguidamente se soltó el flotador al inicio del tramo seleccionado y se calculó el tiempo que demora hasta el final del tramo, se debe indicar que esto se realizó 5 veces para obtener una mejor medida., Segundo, se calculó el área, para ello se extendió una cuerda de orilla a orilla, después se tomaron las medidas de profundidad teniendo como referencia la cuerda, finalmente se estimó el área transversal, por lo tanto la medida del Caudal es igual al Área multiplicado por la Velocidad.

Temperatura: de acuerdo a la ANA (2016), la medición de la temperatura se realizó de manera inmediata, para lo cual se obtuvo una muestra de agua en un recipiente de plástico, donde el termómetro se introdujo manteniéndose hasta lograr un dato estable.

Toma de muestra: De acuerdo a la ANA (20016) la toma de muestra se realizó de la siguiente manera: El personal se colocó botas de jebe y guantes antes de efectuar el procedimiento que consiste en coger un recipiente, retirar la tapa y contratapa tratando de evitar el contacto con la parte interna del frasco, luego se enjuagaron los frascos, el recipiente se sumergió en dirección opuesta al flujo del agua evitando la remoción del sedimento, cabe señalar que se debe considerar un espacio libre de 1% aproximadamente de la capacidad del envase, cuya muestra fue para medir los parámetros de pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, por otro lado para la medición de la DBO se llenó en su totalidad para evitar formación de burbujas de aire.

b) En laboratorio

La medición de los parámetros pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno, se realizó en cada muestra obtenida de los 5 puntos de monitoreo, para ello se contó con los servicios del laboratorio del agua del gobierno regional de Cajamarca, ubicado a un plazo no mayor a 6 horas garantizando los resultados adecuados ya que la ANA (2016), indica que el análisis de la mayoría de estos parámetros no deben sobrepasar el tiempo estimado de 24 horas después de haber recolectado la muestra.

3.3.1.3. Instrumentos

En el siguiente cuadro se dan a conocer los instrumentos utilizados para la medición de los parámetros fisicoquímicos:

Tabla 5:

Tipos de instrumentos utilizados para la medición de los parámetros fisicoquímicos en la quebrada Chambag.

Tipo de Instrumento	Nombre	Descripción
Primarios	Cooler	Según la ANA, 2016, son ideales para poder almacenar la muestra desde el punto obtenido hasta los laboratorios donde serán analizados.
	Fichas	Sirven para obtener datos de campo e identificación del punto de monitoreo, la que se utilizo fue elaborado por la ANA.
	GPS	Necesario para poder identificar el punto de monitoreo, el cual ha sido georreferenciado en Coordenadas UTM.
	Libreta de campo	Permitieron anotar situaciones y datos durante las mediciones de los parámetros en campo, y toma de muestras.
	Material cartográfico	Necesario para poder identificar los puntos de muestreo.
	Termómetro	Este instrumento es de suma importancia para poder obtener medidas de la temperatura del agua en cada sitio de muestreo.
Secundario	Botas de pvc:	Según la academia española, 2014, bota es un tipo de calzado que resguarda el pie y parte de la pierna, esta se utilizara para proteger los pies al momento del contacto con el agua.
	Cámara fotográfica	Este equipo nos permite registrar situaciones y medidas de los parámetros en cada lugar de muestreo.
	Cinta métrica	Instrumento que sirve para medir distancias, esta se usara al momento de medir la longitud y el área, entre otros.
	Guantes de látex:	Sirven de protección para el momento de obtener la muestra.
	Mascarilla:	Instrumento de protección personal, el cual protege el sistema respiratorio.
	Soga:	Cuerda gruesa, la cual se utilizara para medir el área transversal de la quebrada, para calcular el caudal.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Índices bióticos

3.3.2.1. Métodos

A) Cálculo del índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)

El análisis EPT se realizó mediante la utilización de las Órdenes de macroinvertebrados Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, que son indicadores de buena calidad de agua debido a su alta sensibilidad a la contaminación, este cálculo se obtuvo sumando el número total de familias de las Órdenes encontradas (tabla 6), y el valor obtenido se comparó y se identificó la clasificación de calidad del agua.

Tabla 6:

Clasificación de calidad del agua por número de familias según el índice EPT

ÍNDICE EPT	Excelente	Buena	Justo	Baja	Pobre
	más de 27	21 a 27	14 a 20	7 a 13	0 a 6

Fuente: Flores, 2014.

B) Cálculo del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)

El índice BMWP Clasifica las familias de los órdenes de macroinvertebrados en 10 niveles con las puntuaciones de 1 a 10, siendo el 1 un número de mayor tolerancia y 10 de menor tolerancia (Tabla 7). Su fórmula es la siguiente: BMWP= T1+T2+T3+T4…, donde T es el nivel de tolerancia y el número corresponde a la familia, al final resultando una sumatoria de todas las familias indicando los niveles de calidad de agua. En la siguiente tabla se da a conocer la clasificación según el puntaje obtenido.

Tabla 7:

Clasificación de calidad del agua según el índice BMWP

	Buena	Aceptable	Dudosa	Crítica	Muy Crítica
BMWP/Col	Aguas muy Limpias, no contaminadas o poco alteradas 101- 150	Aguas ligeramente contaminadas 61 a 100	Aguas moderadamente contaminadas 36 a 100	Aguas muy contaminadas 16 a 35	Aguas fuertemente contaminadas Menos de 15

Fuente: Flores, 2014.

C) Cálculo del Índice Biótico Andino (ABI)

El índice ABI es utilizado en zonas mayores a 2000 msnm, y al igual que el índice BMWP ordena las familias de los órdenes de macroinvertebrados en 10 niveles con las puntuaciones de 1 a 10, siendo el 1 un número de mayor tolerancia y 10 de menor tolerancia (Tabla 8).

Tabla 8:

Clasificación de calidad del agua según el índice ABI

	Muy bueno	Bueno	Moderado	Malo	Pésimo
ÍNDICE ABI	más de 74	45 a 74	27 a 44	11 a 26	menos de 11

Fuente: Flores, 2014.

3.3.2.2. Técnica

La identificación de los organismos se realizó a nivel taxonómico del rango de género o familia de manera cualitativa, esta técnica se basó de acuerdo a Flores, 2014 que consiste en recolectar macroinvertebrados del agua, cuidadosamente de cada uno de los hábitats posibles de acuerdo a los puntos de muestreo, para ello se incluye el sustrato de fondo, es decir piedra, arena, lodo, restos de

vegetación, así también plantas acuáticas (flotantes, emergentes y sumerzidas), raíces sumergidas de árboles además de los residuos que están presentes, por tanto el muestreo se realizó en aguas poco profundas, profundas, de corriente y estancada tratando de cubrir un área entre 10 metros con un tiempo entre 20 – 30 minutos.

El primero consistió en obtener la muestra a orillas de la quebrada, en cuanto al segundo, se realizó a una profundidad de 1 metro, en forma de barrido sobre la vegetación y el fondo, de la misma manera se ejecutó en el tercero, la red se mueve con la finalidad de obtener piedras, ramas, hojas u otros objetos por ende macroinvertebrados bentónicos, cabe señalar, que para realizar la obtención de la muestra se utilizó la red de tipo D – net, ya que se adecuo a nuestra realidad, esta se usó para hacer un barrido en las zonas de un determinado lugar de muestreo, por lo tanto, se elige este tipo de red, puesto que se adapta bien a las superficies irregulares de la quebrada.

En consecuente, el material recolectado se vació sobre una red para lavar el exceso de lodo, luego la muestra colectada se colocó en bandejas blancas, bien iluminadas, y con la ayuda de pinzas de aluminio de punta fina se procedió a la separación de los organismos, asimismo el sedimento se va removiendo cuidadosamente de un extremo a otro de la bandeja, hasta asegurarse de que no queden organismos, posteriormente se pusieron en frascos blancos con alcohol a ciertos macroinvertebrados que no se pudieron identificar en campo, por último después de ser identificados se aplicaron las fichas correspondientes a cada método, para así determinar la calidad de agua.

3.3.2.3. Instrumentos

Tabla 9:

Tipos de instrumentos utilizados para la medición de los índices bióticos en la quebrada Chambag.

Tipo de Instrumento	Nombre	Descripción
Primario	Guía de identificación de macroinvertebrados	Es de suma importancia contar con una guía de identificación, en este caso se utilizará la guía de flores, (2014), puesto que esta nos brinda la información de las características de las familias (tipos) de macroinvertebrados que son tolerantes a la contaminación y las que no lo son, así como de los índices y formas de evaluación que se puedan aplicar.
	Libreta	Según Flores, 2014, permite anotar las observaciones que se van presentando, recomendando tener una libreta de tapa dura y plastificada para poder soportar la humedad de la quebrada.
	Mapa	Es un instrumento que nos ayudó a ubicarnos en la zona donde se realizaron los monitoreos.
	Red de tipo D – net	Según Flores, 2014, sirven para separar y observar los macroinvertebrados, los cuales deben ser transparentes y de forma redonda, en estas se depositaran los macroinvertebrados en grupos de familias.
Secundario	Alcohol	Flores, 2014, indica que se debe utilizar alcohol de 96 %, la cual se utilizará cuando no pueda identificar a los macroinvertebrados en campo y posteriormente se sacrifican con el contacto del alcohol muriendo rápidamente, para luego ser identificado en el laboratorio.
	Bandejas blancas	La guía del MINAN, 2014 nos indica que estas bandejas deben tener como mínimo 20 x 30 cm del área avienta, por otro lado para Flores, 2014, da a conocer su uso, donde indica que sirven para echar todo lo recolectado en el río y luego ir separándolo, por otro lado cabe señalar que el fondo de la bandeja sea blanco, por lo tanto si es necesario se pega una hoja blanco y se forra con cinta de embalaje.
	Botas	Según la academia española, 2014, bota es un tipo de calzado que resguarda el pie y parte de la pierna, esta es utilizada por la persona que va a realizar la recolecta de la muestra.

Tabla 9: continuación

Cámara digital	Cumple la función de registrar las acciones que se estará realizando en el muestreo, esto a través de capturas de imágenes.
Etiquetas	Flores, 2014, indica que la finalidad de usar etiquetas es poder Identificar la muestra recolectada, por lo tanto deben contener lo siguiente: nombre del río, fecha y hora de muestreo, tipo de hábitat, los cuales deben ser de papel cansón y escrito con lápiz o estilógrafo, asimismo estos será de mucha utilidad en la identificación de parámetros fisicoquímicos
Frascos de plástico con tapón hermético	Según MINAN, 2014, los frascos deben ser de ¼ de litro como mínimo, por otro lado Flores, 2014, indica que estos sirven para guardar los macroinvertebrados para su fijación con alcohol y ser tapados de forma hermética para evitar evaporación del alcohol.
Lupa	Instrumento óptico para ampliar la imagen de los objetos que consiste en una lente de aumento provista de un mango (academia española), para Flores, 2014, la lupa se utilizará para poder visualizar con mayor atención a las características de los macroinvertebrados y así evitar confusiones.
Pinzas entomológicas	Para Márquez, 2005 y Flores, 2014, coinciden en que las pinzas entomológicas permiten mover los macroinvertebrados sin hacer contacto directo con ellos, para luego ser colocados en la bandeja donde serán observados.
Recipientes de plástico	Según Flores, 2014, sirven para separar y observar los macroinvertebrados, los cuales deben ser transparentes y de forma redonda, en estas se depositaran los macroinvertebrados en grupos de familias.

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Procesamiento de datos y análisis estadístico.

Se ordenó, clasificó y a su vez representó los resultados de la investigación, para ello se utilizó la herramienta software Microsoft Excel 2010, aplicando los estadígrafos de tendencia y barras, porque se estudió una sola variable, además miden o evalúan valores extremos o raros brindando mayor facilidad para efectuar comparaciones.

IV. RESULTADOS

En los 5 puntos de monitoreo de la Quebrada Chambag correspondiente entre los 2013 y 2046 m.s.n.m., durante los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017 se evaluó los parámetros fisicoquímicos: caudal, temperatura, pH, conductividad eléctrica, DBO_5 y oxígeno disuelto.

En cuanto al caudal el mayor promedio es de 0.073 m^3/s, este se obtuvo en el mes de diciembre debido a que esta fecha se encuentra en época creciente; por otra parte el menor caudal promedio es de 0.02 m^3/s, el cual corresponde al mes de Agosto encontrándose en época vaciante (ver figura 4), para obtener la medida de los caudales promedios se procesó los datos de campo de área y velocidad (ver anexo 3)

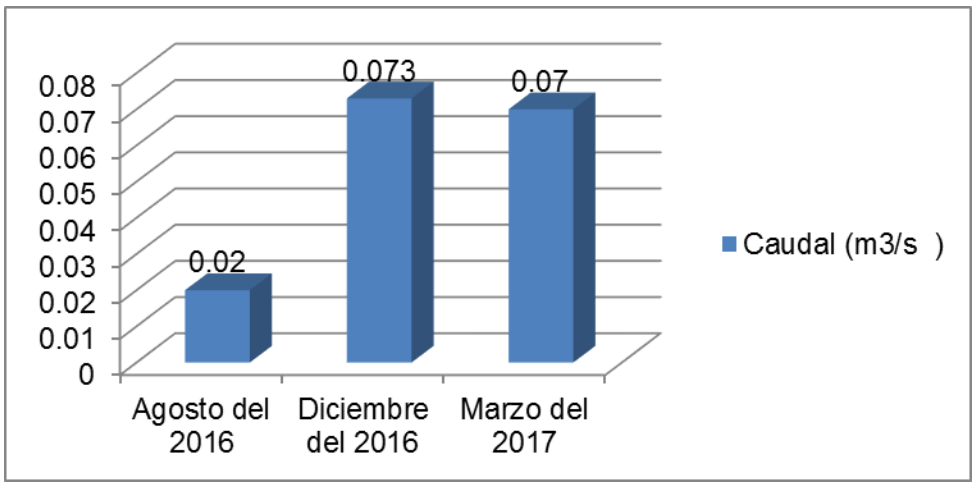

Figura 4: *Caudales promedios de los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

Los resultados correspondientes de la temperatura son mostrados en la figura 5, donde el máximo valor del parámetro es de 15.9 °C en el punto de monitoreo QC-03 durante el mes de marzo del 2017 y la temperatura mínima correspondió a 13.9 °C en el punto de monitoreo QC-R en agosto del 2016, los valores mínimos se registran en época vaciante y los valores máximos en época creciente.

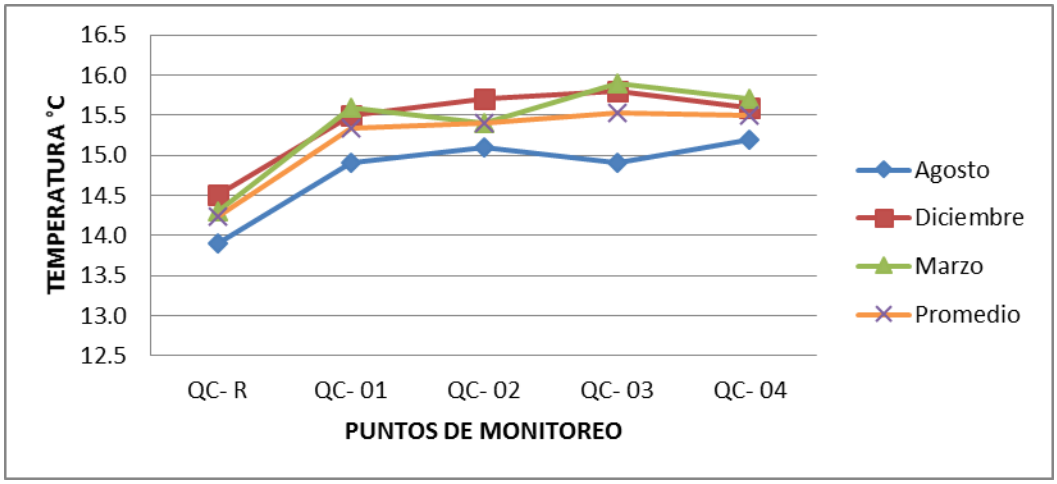

Figura 5: *Temperatura de la Quebrada Chambag durante los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

Respecto al pH el valor máximo se registró 8.02 en el punto de monitoreo QC-01 en marzo del 2017 en época creciente y el mínimo fue de 7.45 en el punto de monitoreo QC-02 en agosto del 2016 en época vaciante, significando que cumplen con éxito la normativa vigente de calidad ambiental para agua que establece un valor de pH adecuado entre 5.5 y 9 para Riego de Vegetales y Bebida de Animales, así también para Recreación, según el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. (Ver figura 6).

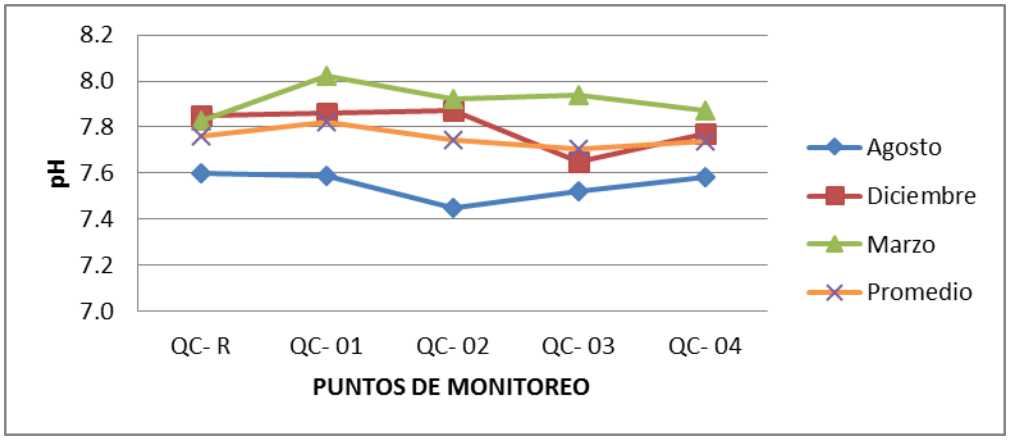

Figura 6: *pH de la Quebrada Chambag durante los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

En los resultados de la conductividad (µS/cm) se obtuvo: el máximo valor de 606 µS/cm en el punto de monitoreo QC-03 durante el mes de diciembre del 2016 en época creciente y el mínimo valor correspondió a 234 µS/cm en el punto de

monitoreo QC-01 en agosto del 2016 en época vaciante, cumpliendo exitosamente con la normativa vigente de calidad ambiental para Riego de Vegetales y Bebida de Animales que establece un valor que va de 2500 a 5000 según el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. (Ver figura 7).

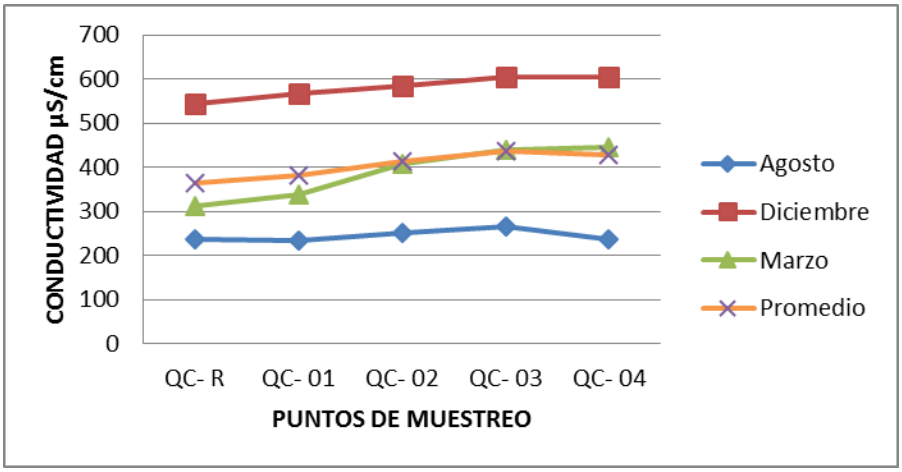

Figura 7: *Conductividad de la Quebrada Chambag durante los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

De acuerdo, a los resultados de la Demanda Bioquímica de Oxigeno como se muestra en la figura 8 se registran valores por debajo del Límite de cuantificación del método (LCM) establecido por el Laboratorio Regional del agua, siendo este valor de 2.6, por tanto cumplen a cabalidad con la Normativa vigente según el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

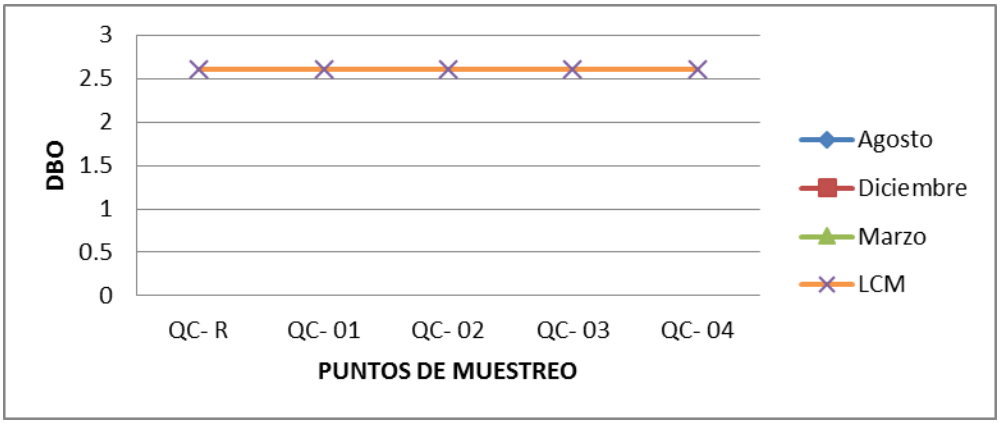

Figura 8: *DBO_5 de la Quebrada Chambag durante los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

El último de los parámetros fisicoquímicos analizados fue el Oxígeno disuelto (Mg O2/L): El máximo valor es de 7.9 Mg O2/L en el punto de monitoreo QC-R durante el mes de agosto del 2016 en época vaciante y el mínimo valor correspondió a 4.2 Mg O2/L en el punto de monitoreo QC-03 en diciembre del 2016 en época creciente, el cual está por debajo del límites de la subcategoría D2 , Categoría 3 Riego para riego de vegetales y bebida de animales según el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. (Ver figura 9).

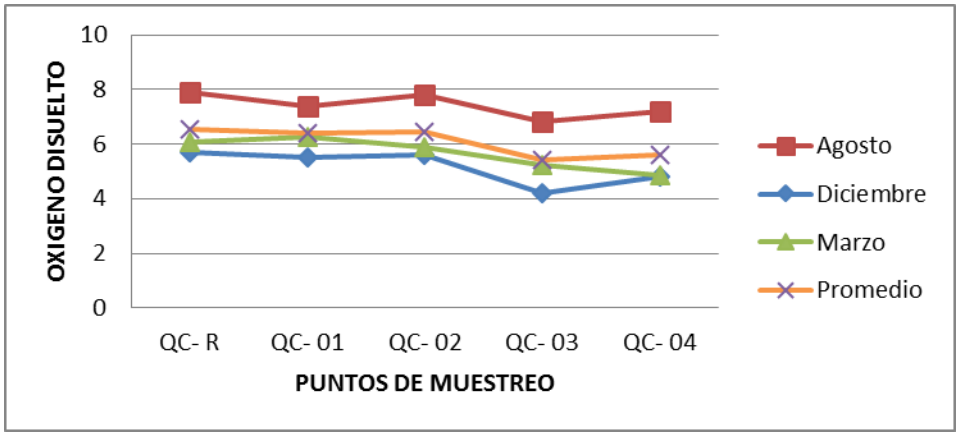

Figura 9: *Oxígeno disuelto de la Quebrada Chambag durante los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

En cuanto al muestreo de macroinvertebrados bentónicos realizado en la quebrada Chambag dentro de los 5 puntos seleccionados durante los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017 se han identificado 8 órdenes y 17 familias, donde el mayor número de familias encontradas pertenecen a las ordenes Ephemeroptera y Díptera con un total de 4, mientras en menor número pertenecen a las órdenes Tricladia, Trichóptera Annelida, y Gasterópoda con un total de 1, como se muestra en la figura 10, además en la figura 11 se da a conocer el porcentaje correspondiente a cada familia registrada. Cabe señalar que la identificación se realizó por cada hábitat seleccionado de acuerdo a la guía vigilancia ambiental de Cajamarca. (Ver Anexo 4)

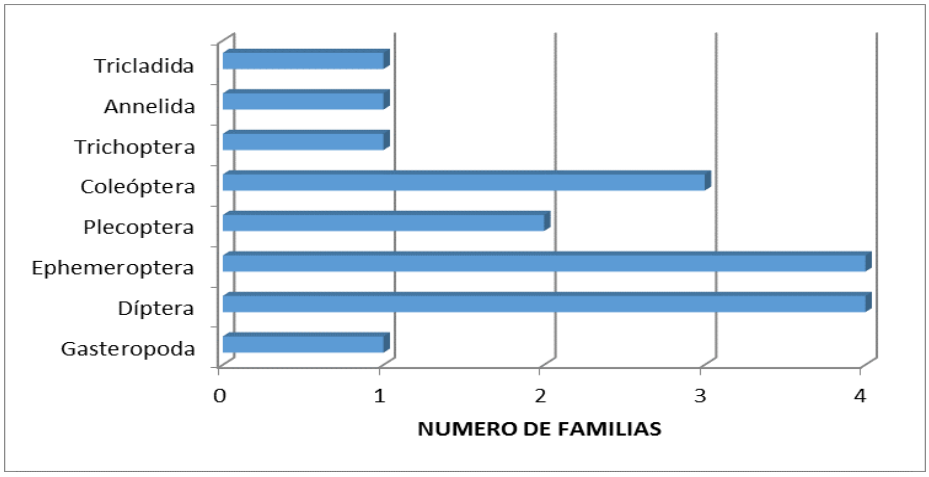

Figura 10: *Composición Taxonómica de Macroinvertebrados bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

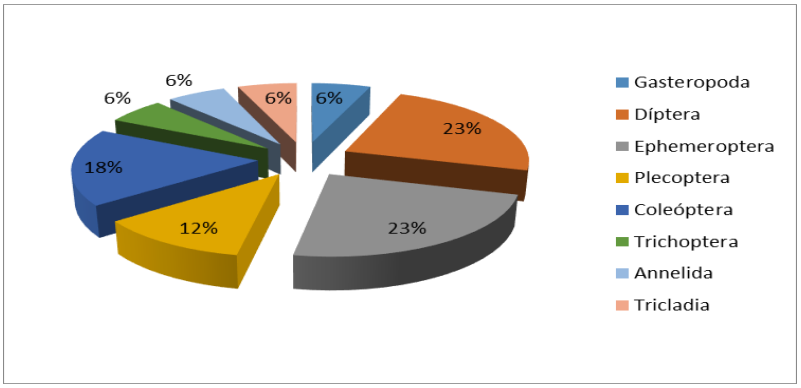

Figura 11: *Porcentaje de la composición Taxonómica de Macroinvertebrados bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

Para el análisis de la calidad del agua se han empleado los Índices Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), el Índice Biótico Andino (ABI) y Biological monitoring working party (BMWP), en cuanto al primero la presencia de una familia tiene un valor de 1, mientras que en los otros dos índices tienen un valor numérico del 1 al 10, donde la familia con mayor valor es más intolerante a la contaminación, sin embargo los tres índices son aditivos que van sumando puntos según el número de familias encontradas, por tanto en la tabla 10 muestra las puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos, encontrados durante los monitoreos.

Tabla 10:

Composición Taxonómica de Macroinvertebrados bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACION DE LOS ÍNDICES BIÓTICOS		
		Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)	Índice Biótico Andino (ABI)	Biological monitoring working party (BMWP)
Gasterópoda	Physidae		3	3
Díptera	Chiroranide		2	2
	Simuliidae		5	8
	Psychodidae		3	7
	Tabanidae		4	5
Ephemeroptera	Oligneurmidae	1	10	10
	Baetidae	1	4	7
	leptophlebiidae	1	10	9
	Leptohyphidae	1	7	7
Plecoptera	Gripopterygidae	1	10	10
	Perlidae	1	10	
Trichóptera	xiphocentronidae	1	8	9
Coleóptera	Ptilodactylidae		5	10
	Gyrinidae		3	9
	Elmidae		5	6
Annelida	Oligochaeta		1	
Tricladida	Planarüdae			7

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía de vigilancia ambiental con macroinvertebrados bentónicos en Cajamarca, Flores (2014).

Dentro del orden Ephemeroptera comúnmente llamadas moscas de mayo se encuentra la familia Oligneurmidae (figura 12), quienes se caracterizan por vivir en aguas lentas, de corriente moderada, limpias o poco contaminadas, por tanto hace que tenga un buen puntaje en los índices utilizados, estos habitan en su mayoría al fondo del agua, ocultas entre las piedras, troncos y vegetación, además se pueden

identificar por poseer tres pares de patas, tres filamentos terminales como la mayoría de este orden, abdomen pequeño, cabeza achatada y también tienen un color oscuro, luego está la familia Baetidae (figura 13), las cuales son las que tienen más bajo puntaje en los índices bióticos en relación con la orden debido a que presentan mayor tolerancia a la contaminación, se pueden encontrar en aguas de corriente rápida, troncos y hojarasca, en cuanto a su fisiología, poseen cabeza pequeña con grandes ojos, antenas largas, el abdomen con branquias planas y ovaladas, tres pares de patas juntas y de color claro, con respecto a la tercera familia encontrada fue la Leptophlebiidae (figura 14), que están caracterizadas por habitar aguas limpias y de corriente, asimismo se alimentan de pequeñas algas, llegan a poseer cuerpo alargado y aplanado con patas grandes y gordas en la parte del abdomen, un par de branquias, una cabeza grande y 2 antenas pequeñas, finalmente la cuarta familia fue la Leptohyphidae (figura 15), quienes a diferencia de las otras solo se pueden encontrar en el continente americano, viven en aguas de corriente lenta dentro de las hojas, troncos, llegando a alimentarse de algas, otro rasgo es que tienen un cuerpo pequeño con branquias ovaladas superpuestas entre sí, patas cortas, ojos grandes y 2 antenas.

Figura 12: Familia Oligneurmidae de la orden Ephemeroptera

Figura 13: Familia Baetidae de la orden Ephemeroptera

Figura 14: Familia Leptophlebiidae de la orden Ephemeroptera

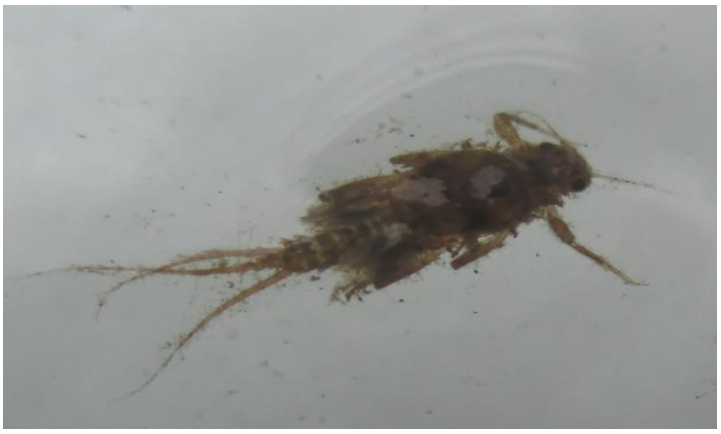

Figura 15: Familia Leptohyphidae de la orden Ephemeroptera

Acerca de la siguiente orden con más familias está la Díptera, dónde la familia Chironomidae (figura 16), son las más comunes de encontrar y que al estar presente

en grandes cantidades indican que el ecosistema acuático está contaminado, frecuentemente se encuentran en aguas lenticas, pozas o cerca de crecimiento vegetativo, el cuerpo de la larva es alargado y con forma de gusano con dos pares de patas falsas ventrales que se tratan de pequeños ganchos, algunas larvas son de color rojo proveniente del aumento de los niveles de hemoglobina en los insectos que les permite sobrevivir en condiciones de baja de oxígeno disuelto y son comúnmente llamados larvas de mosquito, otra familia encontrada fue la Simuliidae (figura 17), llamas también zancudos ciegos, esta se encuentran en corrientes de movimiento rápido o moderado, las larvas poseen un círculo de ganchos alrededor de su abdomen que les permite adherirse al sustrato en el fondo del agua, llegan a indicar aguas claras, estando ya adultos y en grandes cantidades pueden convertirse en una plaga y alimentarse de sangre, también se encontró la Psychodidae (figura 18), quienes se pueden presentarse en aguas lentas con vegetación, exactamente en zonas de hojarasca para poder reproducirse, poseen un cuerpo largo y delgado resaltando su cabeza oscura a diferencia del cuerpo claro, cuando son adultos, son llamados moscas de humedad, a su vez la última familia encontrada de esta orden fue la Tabanidae (figura 19), que, como todo díptero si se presentan solo ellos y en gran número manifiestan contaminación, tienen la forma de un gusano con anillos que en la parte de su cola tiene un sifón respiratorio, estos organismos se alimentan de desechos orgánicos en descomposición.

Figura 16: Familia Chironomidae de la orden Díptera.

Figura 17: Familia Simuliidae de la orden Díptera

Figura 18: Familia Psychodidae, orden Díptera.

Figura 19: Familia Tabanidae de la orden Díptera.

Con respecto a la orden Coleóptera, se encontraron un total de 3 familias, la primera encontrada fue la Ptilodactylidae (figura 20), que, suelen vivir al borde arroyos y encima de las plantas alimentándose de estas y de limo, su hábitat más común son la madera seca y hojarasca, estos organismos tienen forma de lombriz, poseen 3

patas cortas cerca de la cabeza y dos colas pequeñas, por otra parte , la segunda familia encontrada, la Gyrinidae (figura 21), que son organismos tolerantes a la contaminación que viven es aguas estancadas, además en forma de larva tienen branquias por todo su cuerpo alargado, la cabeza es de un color más oscura que el cuerpo, ya cuando son adultos tienen la forma de un escarabajo con ojos grandes y cuerpo totalmente oscuro, por otro lado, la familia Elmidae (figura 22), presentan gran resistencia a la contaminación, viviendo en aguas de corriente rápida y algunos en pozas, se les puede encontrar como larvas o adultos, cuando están en forma de larva son muy pequeñas llegando a medir no más de 1 mm y en adultos son similares a los del orden Ephemeroptera, sin embargo estos no poseen filamentos terminales.

Figura 20: Familia Ptilodactylidae de la orden Coleoptera

Figura 21: Familia Gyrinidae de la orden Coleoptera

Figura 22: Larva de la familia Elmidae, orden Coleoptera

En relación con la orden Plecóptera se encontraron 2 familias siendo una de ellas la Gripopterygidae (figura 23), estos organismos habitan aguas de corriente rápida, específicamente en hojarasca y piedras, las cuales son poco tolerantes a la contaminación, fisiológicamente poseen dos antenas largas, tienen branquias en medio de los dos filamentos terminales y son conocidos como moscas de las piedras, asimismo la 2 segunda familia encontrada fue la Perlidae que a comparación de los demás organismos son carnívoros alimentándose de insectos más pequeños , estos viven en aguas limpias de corriente y algunos casos hojarasca, tienen 3 pares de patas , 2 antenas largas, 2 filamentos terminales y su cuerpo de color oscuro.

Figura 23: Familia Gripopterygidae de la orden Plecópter

Así también dentro de la orden Trichoptera, se halló la familia xiphocentronidae (figura 24), que indican aguas limpias viviendo en hábitats tanto hojarasca como pozas, son de cuerpo blando teniendo 3 pares de patas pequeñas cerca de la

cabeza que tiene un color amarillo, luego está la orden gasteoropoda con la única familia encontrada en la zona, esta es la Physidae (figura 25), quienes puede vivir en aguas lentas, rápidas y/o pozas, habitando debajo de las piedras y vegetación de orilla, estos poseen un caparazón de color marrón con una abertura hacia la parte izquierda.

Figura 24: Familia xiphocentronidae de la orden Trichoptera.

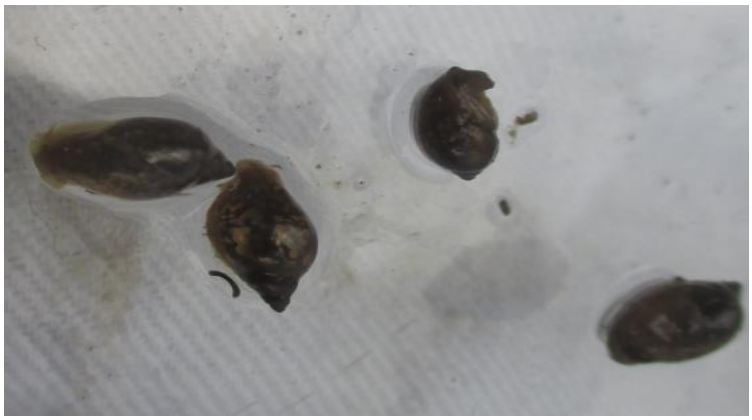

Figura 25: Familia Physidae de la orden gasterópoda

Por otra parte la orden Annilida estuvo representaba por una sola familia que en este caso fue la Oligochaeta (figura 26), caracterizados por tener la forma de una lombriz alargada de color amarillo con partes rojas, estos viven en aguas de corriente lenta, sobretodo en hábitats donde hay hojarasca alimentándose de desechos orgánicos, cabe señalas que en cantidad excesiva muestra que el lugar está muy contaminado, y finalmente la orden Tricladia, con su familia Planarüdae (figura 27), que llegan a vivir en aguas lenticas donde se acumulan muchas hojas, además llegan a

adherirse a las piedras, tienen una forma ovalada, larga , pegajosos y de color marrón.

Figura 26: Familia Oligochatea de la orden Annilida.

Figura 27: Familia Planarüdae de la orden Tricladia

En relación con la tabla 6 donde se da a conocer la clasificación de la calidad del agua según el Índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT), la tabla 11 muestra que los resultados obtenidos en los 5 puntos de monitoreo tiene una calidad pobre, sin embargo se han identificado mayor número de familias en el punto QC – R, en el cual se encontraron 5 familias durante el mes de Agosto del 2016 y en Diciembre y Marzo del 2017 4 respectivamente; mientras el menor número de

familias en el punto QC – 03, en el cual se registró 1 familia en los meses de Agosto, Diciembre del 2016 respectivamente y ninguna unidad en Marzo del 2017.

Tabla 11:

Clasificación de la calidad de agua, mediante la utilización del Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) en los 5 puntos de monitoreo durante Agosto, Diciembre del 2016 y Marzo del 2017.

Puntos de Monitoreo	Puntuación obtenida			promedio	Calidad del agua
	Agosto	Diciembre	Marzo		
QC- R	5	4	4	4.33	Pobre
QC- 01	3	3	4	3.33	Pobre
QC- 02	3	3	3	3.00	Pobre
QC- 03	1	1	0	0.67	Pobre
QC- 04	4	**4**	3	3.67	Pobre

Fuente: Elaboración propia

En cuanto, al Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) en la tabla 7 se da a conocer su clasificación, por lo tanto los resultados obtenidos en los 5 puntos de muestreo (ver tabla 12), indican que en punto QC – R tiene una calidad Aceptable, es decir aguas ligeramente contaminadas, en los puntos QC – 01 y QC – 02 tiene una calidad Dudosa, representando aguas moderadamente contaminadas y en los punto QC – 03 y QC – 04 tiene una calidad Crítica, lo que significa aguas fuertemente contaminadas, por otro lado el mayor valor obtenido es de 78 en el mes de Agosto del 2016, en el punto QC - R categorizado en una calidad Aceptable, mientras el menor es de 17 en el mes de Marzo del 2017, en el punto QC- 03 con una calidad crítica.

Tabla 12:

Clasificación de la calidad de agua, mediante la utilización del Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) en los 5 puntos de muestreo durante Agosto, Diciembre del 2016 y Marzo del 2017.

Puntos de Monitoreo	Puntuación obtenida			promedio	Calidad del agua
	Agosto	Diciembre	Marzo		
QC- R	78	76	53	69.00	Aceptable
QC- 01	40	33	55	42.67	Dudosa
QC- 02	42	29	38	36.33	Dudosa
QC- 03	30	28	17	25.00	Crítica
QC- 04	43	24	29	32.00	Crítica

Fuente: Elaboración propia

Respectivamente, al Índice Biótico Andino (ABI) en la tabla 8 se indica su clasificación, por tanto los resultados obtenidos en los 5 puntos de muestreo (ver tabla 13), indican que en punto QC – R tiene una calidad Bueno, en los puntos QC – 01 y QC – 02 tiene una calidad Moderado, y en los punto QC – 03 y QC – 04 tiene una calidad Malo, por otro lado el mayor valor obtenido es de 67 en el mes de Agosto del 2016, en el punto QC - R categorizado en una calidad Bueno, mientras el menor es de 14 en el mes de Marzo del 2017, en el punto QC- 03 con una calidad Malo.

Tabla 13:

Clasificación de la calidad de agua, mediante la utilización del Índice Biótico Andino (ABI) en los 5 puntos de monitoreo durante Agosto, Diciembre del 2016 y Marzo del 2017.

Puntos de Monitoreo	Puntuación obtenida			promedio	Calidad del agua
	Agosto	Diciembre	Marzo		
QC- R	67	55	46	56.00	Bueno
QC- 01	38	28	47	37.67	Moderado
QC- 02	34	31	35	33.33	Moderado
QC- 03	20	20	14	18.00	Malo
QC- 04	27	23	26	25.33	Malo

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la relación entre los parámetros fisicoquímicos y los Macroinvertebrados bentónicos presentes en la quebrada se dan a conocer seguidamente: primero se encontró que a menor caudal hay un mayor número de familias como se muestra en la figura 28, donde indica que a un caudal promedio de 0.02 m^3/s existe mayor número de familias de macroinvertebrados bentónicas con un total de 12 familias en el mes de Agosto del 2016, mientras que a un mayor caudal de 0.07 m^3/s se registró un menor número de familias (4).

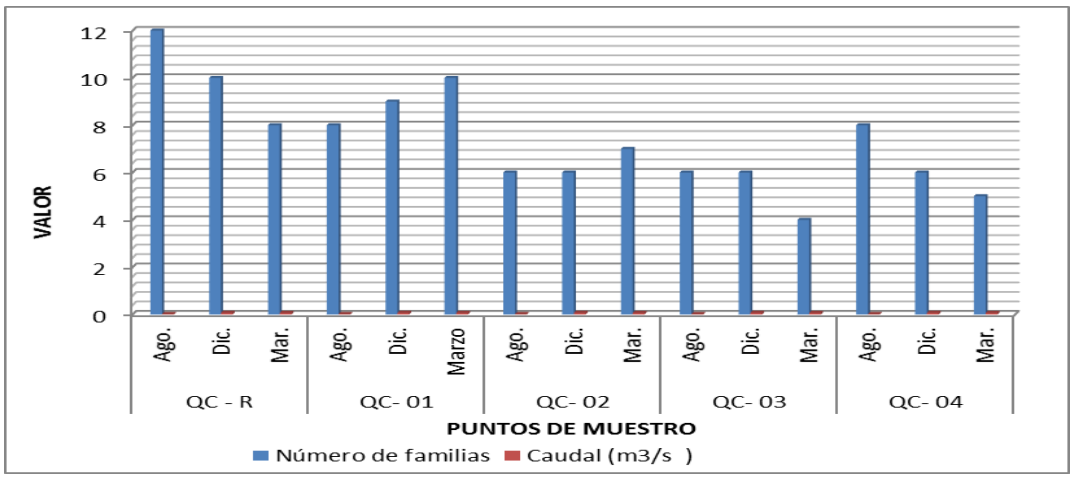

Figura 28: *Relación del Caudal Promedio con el Numero de Macroinvertebrados Bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

En cuanto a la Temperatura existe menor número de familias de macroinvertebrados bentónicos (4), a una temperatura máxima de 15.9 ºC, en el mes de Marzo del 2017 en el punto QC-03, y a una mayor número de familias de macroinvertebrados bentónicos (12), existe una temperatura mínima de 13.9 ºC en el punto QC-R durante el mes de Agosto del 2016. Como se muestra en la figura 29.

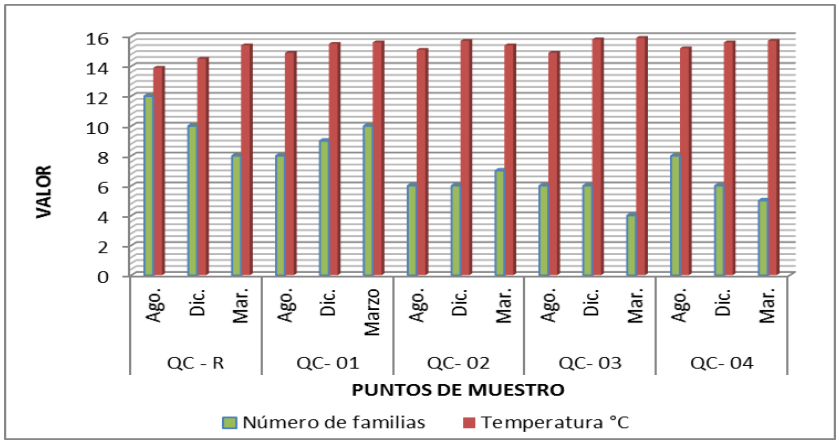

Figura 29: *Relación de la Temperatura Promedio con el Numero de Macroinvertebrados Bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

En concerniente al pH, se registró unos valores de pH similares durante los tres meses muestreados, valores que iban desde 7.45 siendo el mínimo en el mes de Agosto (QC-02) a 8.02 en el mes de Marzo (QC- 01) (figura 30), ocasionado que haya presencia de familias de macroinvertebrados en todos los puntos muestreados, cabe señalar que estos valores se encuentran dentro de la normatividad peruana.

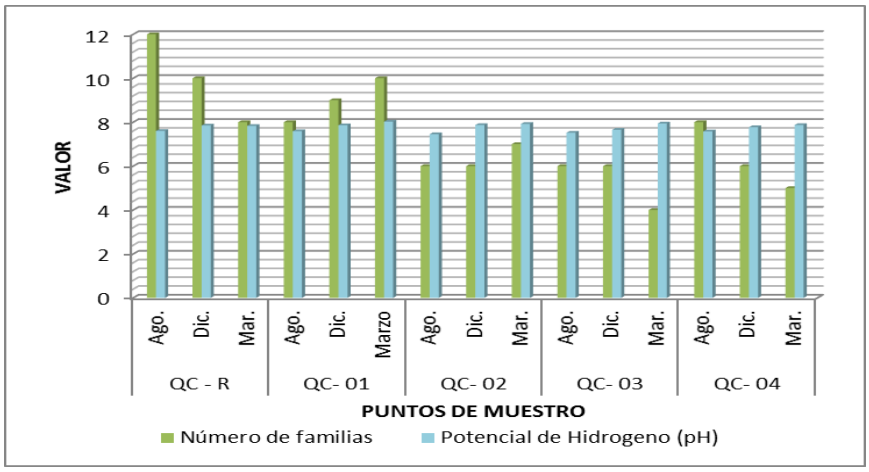

Figura 30: *Relación de la pH Promedio con el Numero de Macroinvertebrados Bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

De acuerdo, a la relación de conductividad eléctrica con los macroinvertebrados bentónicos, se registró el mayor número de familias (12) existe una Conductividad promedio de 236.0 en el mes de agosto 2016 en el punto QC – R, y a menor número de familias (4) existe una conductividad de 440, como se muestra en la figura 31:

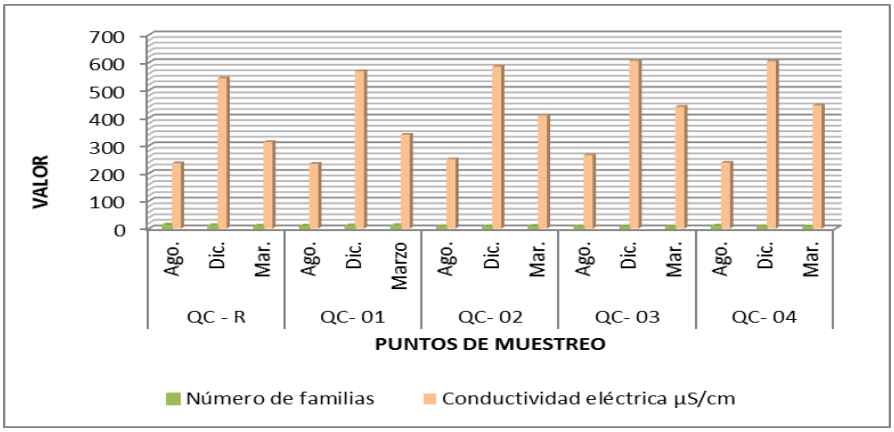

Figura 31: *Relación de la Conductividad Eléctrica Promedio con el Numero de Macroinvertebrados Bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

De acuerdo, a los resultados de la Demanda Bioquímica de Oxigeno, se registran valores por debajo del Límite de cuantificación del método (LCM) establecido por el Laboratorio Regional del agua, siendo este valor de 2.6, el número de familias de macroinvertebrados tiende a ser mayor o menor durante los meses de muestreo, como se muestra en la figura 32:

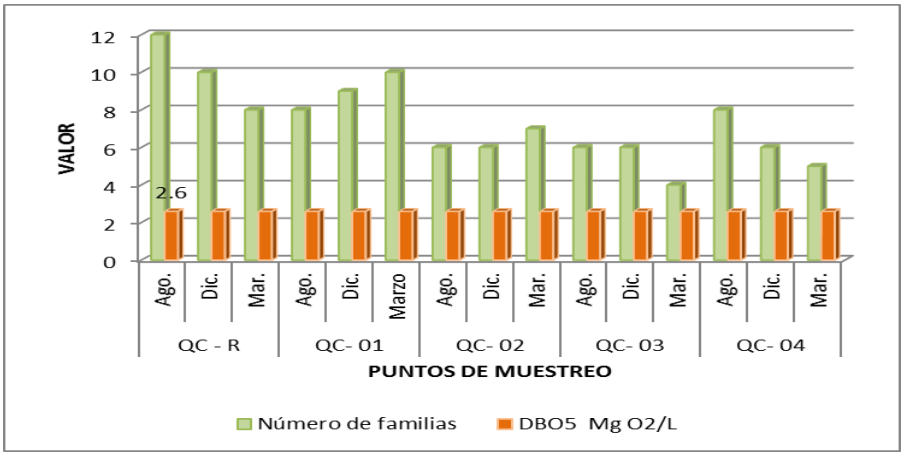

Figura 32: *Relación de DBO_5 Promedio con el Numero de Macroinvertebrados Bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

Por último, los resultados de Oxígeno disuelto indican que a un valor máximo de OD de 7.9 Mg 02/L, muestran mayor número de familias de macroinvertebrados bentónicos (12), en el mes de Agosto 2016 en el punto QC-R, y el menor número de

familias es de 4 con un valor de 5.3 Mg 02/L de OD en el mes de marzo 2017 en el punto QC-03, sin embargo el valor mínimo de OD es de 4.2 Mg 02/L en el mes de diciembre 2016 en el punto QC-03, con un total de familias identificadas de 6. (Ver figura 33)

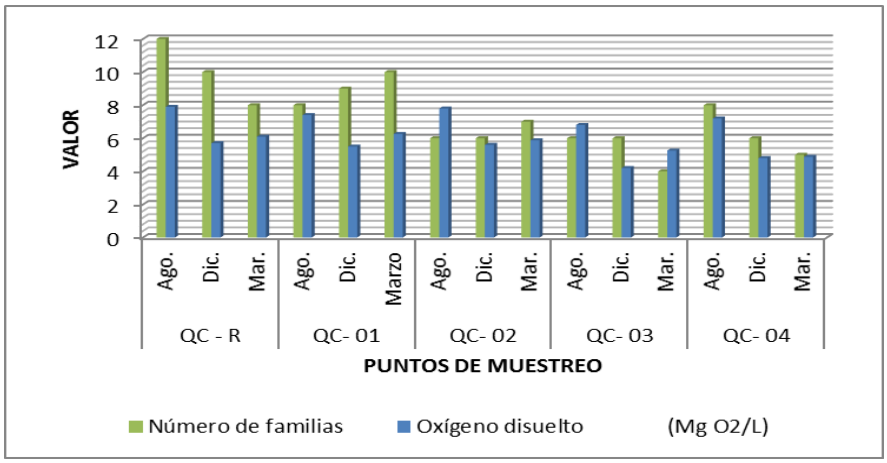

Figura 33: *Relación de Oxígeno disuelto promedio con el Numero de Macroinvertebrados Bentónicos encontrados en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

V. DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como finalidad conocer cuál es la calidad del agua en la quebrada Chambag a través del análisis de los macroinvertebrados bentónicos e índices bióticos, así mismo se hizo una caracterización fisicoquímica de este cuerpo de agua, además se relacionó los resultados de la caracterización con los macroinvertebrados bentónicos presentes en la quebrada. A continuación se estarán discutiendo los hallazgos de este estudio. De los resultados obtenidos en esta investigación, se puede deducir que el estudio de los macroinvertebrados bentónicos permite realizar un rápido análisis que refleja la situación de un ecosistema acuático y permite informar si con el transcurso del tiempo se han producido alteraciones, en cambio las variaciones de los parámetros fisicoquímicos del agua, pueden resultar difíciles de detectar, tanto por haberse mitigado sus efectos aguas más abajo, como por ser solo detectables en el momento en el que se producen, de modo que la integración entre los componentes fisicoquímicos como caudal, temperatura, pH, conductividad eléctrica, demanda biológica de oxígeno (DBO5), oxígeno disuelto y los macroinvertebrados bentónicos permiten conocer de una forma más efectiva la calidad de un cuerpo de agua, cabe señalar que los parámetros fisicoquímicos ejercen una importante influencia sobre las distribución de los macroinvertebrados bentónicos (MIB). El uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos se justica según Medina, et al. (2008), debido a que tienen un papel importante en las corrientes de ríos y quebradas, conteniendo información de la salud en la comunidad acuática, diversidad del hábitat, disponibilidad de alimentos y la energía del ecosistema; por tanto, al utilizar MIB en un nivel taxonómico como familia se realiza de manera sencilla, rápida y económica.

La composición de MIB encontrados en la quebrada Chambag, está constituida por 17 familias y 8 órdenes, con una predominancia de las ordenes Díptera, Ephemeroptera, Coleóptera y Plecóptera, algo similar ocurre en los estudios realizados por Guerrero, et al. (2003), Paredes, et al. (2004) y Terneus, et al. (2012) donde las ordenes con familias más abundantes encontradas corresponde a Díptera, Ephemeroptera, Coleóptera y Trichoptera; sin embargo la riqueza del número de familias encontradas es mayor que de la quebrada Chambag; ya que en relación con

los autores mencionados, en el primero se han identificado 38 familias y 11 ordenes, el segundo 22 familias y 7 ordenes, por último 35 familias y 11 órdenes.

En cuanto a los períodos de muestreo en época creciente y vaciante se obtuvo el mismo número de familias, sin embargo la cantidad de familias varía en cada punto de muestreo y hábitats, con predominancia de las ordenes Díptera y Ephemeroptera en un 23% cada una, seguido por la orden Coleóptera con 18 %, la orden Plecóptera con un 12% y las ordenes Gasterópoda, Trichoptera, Annelida y Tricladia con un 6 % cada una; por otro lado Custodio et al., (2016), obtuvo mayor abundancia de la orden Díptera tanto en época de lluvia y estiaje (71.8 y 74.3%, respectivamente) seguido por el orden Ephemeroptera (19,7 y 17,8%, respectivamente), en cuanto a la las ordenes Coleóptera, Trichoptera fueron más abundantes en época de estiaje (5,20% y 3,36% respectivamente).

“Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos (MIB) pueden emplearse como indicadores biológicos eficientes de la calidad del agua en los ecosistemas dulceacuícolas…” (Paredes, et al., 2004), esto se debe a que según Medina, (2008), el establecimiento de MIB en un cuerpo de agua depende de los factores físicos, químicos y biológicos generan buenas y malas condiciones producidos en este; por tanto los resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan con estas afirmaciones ya que la predominancia de las ordenes Ephemeroptera y Plecóptera se producen en sitios de buenas condiciones y la predominancia de las ordenes Díptera y Coleóptera se encuentran en lugares de regular a mala condiciones.

Por lo tanto, “Un cuerpo de agua dulce en buen estado puede proveer de numerosos beneficios a la sociedad, aunque actualmente la degradación de este tipo de ecosistemas se ha visto incrementado por el establecimiento de centros urbanos en sus riberas…” (Correa, et al 2010), por ende la utilización de índices bióticos forma parte de los métodos más efectivos para obtener información de la calidad del agua; pero la aplicación de este requiere asignar un valor a cada taxa (familia), el cual para Tercedor, (1996), mide la respuesta de los organismos, la tolerancia y condición ambiental, sin embargo crea una gran dificultad su aplicación para regiones biogeográficamente diferentes de donde fueron desarrollados, por tanto para la medir la calidad del agua se aplicaron índices bióticos cualitativos, mediante el uso

de la técnica de barrido para obtener los macroinvertebrados ya que es sencillo y práctico, es por ello que en el presente estudio realizado en el distrito de Santa Cruz, provincia del mismo nombre, departamento de Cajamarca se aplicaron tres Índices Bióticos para una mayor veracidad en los resultados, esto se desarrolló a una altitud mayor a los 2000 m.s.n.m. según Flores, (2014).

Primero, se aplicó el índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT), donde el punto QC-R durante el mes de Agosto del 2016 se identificó el mayor número de familias con un total de 5 y en el punto QC-03 durante el mes de Marzo 2017 no se identificó ninguna familia, sin embargo en los 5 puntos de muestreo durante Agosto, Diciembre 2016 y Marzo 2017, se categoriza con un tipo de calidad de agua pobre, debido a que se encuentran en el rango de 0 a 6 familias identificadas de las ordenes Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera; lo obtenido en este estudio guarda relación con Custodio et al., (2016), en su investigación donde el número de taxa de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) decreció aguas abajo, lo que nos indica menor calidad de agua; sin embargo Gonzales, et al. (2012), en su estudio de evaluación de la calidad del agua de quebradas con macroinvertebrados bentónicos a más de 2300 m.s.n.m. concluye que la quebrada Romerales tiene una calidad Regular en las estaciones E1 y E3, mientras que en la E2 una calidad buena, por otro lado la quebrada Olivares en la estación E1 y E3 tiene una calidad buena y la estación E2 una calidad muy buena.

Segundo, “El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Las razones de la aplicación fueron básicamente económicas y por el tiempo que se necesita invertir. El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos. El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica…” (Roldan (2016), además Guerrero, et al. (2003) Indica que la interpretación de este índice está basado en un criterio de presencia-ausencia, por tanto en esta investigación tiene relación a estos enunciados ya que mediante la aplicación de este índice se pudo determinar la calidad del agua en época creciente y vaciante, donde en el punto QC-R tiene una calidad Aceptable, QC-01 Y QC-02

una calidad Dudosa y por último QC-03 Y QC-04 una calidad crítica. Como se puede apreciar mediante la aplicación del Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) la calidad del agua va disminuyendo conforme va el trayecto de la quebrada, es decir en el punto QC-R tiene una calidad aceptable, ya que este se encuentra antes de que el caudal de la quebrada Chambag ingrese a la zona urbana, mientras que en el punto QC-04 ubicado a la salida de la zona urbana tiene una calidad critica, por lo que se concluye que las actividades humanas influyen en el estado ecológico del agua.

Por último, de acuerdo a Medina, (2011), en su investigación del rio Chili obtuvo una puntuación de las familias aplicando el índice ABI de 36 puntos, indicando este resultado que las aguas de este río están en el límite máximo de contaminación moderada; mientras que en la quebrada Chambag durante los meses de agosto, diciembre 2016 y marzo 2017 en promedio obtuvo en los puntos QC-R una calidad bueno, en QC-01 Y QC-02 una calidad moderado y por ultimo QC-03 Y QC-04 una calidad mala, lo que significa que guarda relación con los resultados del Índice BMWP, ya que la calidad disminuye con forme va el trayecto de la quebrada, cabe señalar el Índice Biótico Ándino (ABI) por sus siglas en inglés y como su nombre indica, es una adaptación del BMWP para las zonas con mayor altitud (más 2000 msnm).

En lo que respecta a la relación entre los parámetros fisicoquímicas y macroinvertebrados bentónicos evaluados en la quebrada Chambag, durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017, se establece que los caudales promedio están relacionados directamente con las precipitaciones, ya que existe mayor caudal durante la época creciente en los meses de diciembre y marzo con valor promedio de 0.73 y 0.7 m3/s respectivamente, esto ocasiona la disminución de macroinvertebrados bentónicos debido a que son arrastrados al igual que los sedimentos de las fuentes difusas como tierras agrícolas y forestales, por lo consiguiente tiende a disminuir la calidad del agua, esto guarda relación con lo expuesto por Pérez et al. (2013) Y Vivas et al. (2004) indicando que el aumento del caudal ya sea por temporalidad o perturbaciones antropogénicas produce el arrastre de MIB, disminuyendo la comunidad.

Para Roldan, (1992) tres de las variables fisicoquímicas a las que los macroinvertebrados bentónicos tienden a ser más sensibles son el pH, conductividad y DBO, por lo tanto estos parámetros mencionados en la presente investigación estuvieron dentro de los límites de la normatividad nacional vigente.

Respecto al régimen térmico, Paredes et al. (2004) mencionan que hay una carencia de comunidad de MIB en sus estaciones con mayor temperatura, explicándolo como un efecto de la concentración de vertimientos provenientes de las comunidades aledañas, algo similar ocurre con la variación de temperatura y familias de MIB de la presente investigación, que, a mayor temperatura registrada (15.9 °C), menor fue el número de familias encontradas (4), más aún si los puntos QC-02, QC-03 y QC-04 siendo zonas de la quebrada ubicadas dentro del ámbito urbano del distrito, resaltaron por haber tenido las temperaturas más elevadas a comparación de los otros puntos muestreados, llegando a coincidir con lo expuesto por el autor antes mencionado, por otra parte Guerrero et al (2003) se basa en que la variación de la temperatura del agua en los trópicos o cerca a estos, dependerá a la altura sobre el nivel del mar que se esté.

En cuanto al oxígeno disuelto proviene de la mezcla del aire con el agua, especialmente el viento, asimismo en la mayoría de los casos por el oxígeno liberado de las plantas acuáticas en su proceso de fotosíntesis, la temperatura promedio del cuerpo de agua y sales disueltas, es decir la solubilidad del oxígeno en el agua es directamente proporcional a la presión atmosférica e inversamente proporcional a la temperatura y sales, lo cual coincide con lo expuesto por Roldan y Machado, 1981 (citado por Guerrero et al. 2003), que el oxígeno disuelto en ecosistemas loticos depende de la presión atmosférica, la temperatura y la altura sobre el nivel del mar. En importante considerar que todos los puntos de muestreo se encontraron sobre los 2000 msnm, siendo la presión parcial oxígeno baja, ocasionando un factor para que los valores obtenidos en la mayoría de los 4 puntos de muestreo estén al límite del valor mínimo para la categoría 3 de los Estándares de Nacionales de Calidad Ambiental del Agua. Decreto supremo, sin embargo los puntos QC-03 del mes de diciembre del 2016 y QC-04 de diciembre y marzo están por debajo de las Subcategoría D2 Bebida de animales.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos muestran variaciones en cada una de los cinco puntos muestreados, donde la mayoría cumple con el DS N° 015-2015-MINAM, a excepción del Oxígeno Disuelto, ya que en los puntos de muestreo: QC-03 (dic), QC-04 (dic y mar) están por debajo del límite de la subcategoría D2 referente a Bebida de Animales la cual pertenece a la Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales.

Se identificaron y describieron de las familias encontradas, donde tuvo una variación en cada una de las zonas de colecta, siendo la más abundante en punto QC-R; cabe resaltar que las influencias humanas o naturales en la quebrada Chambag han modificado las características del agua, por tanto las ordenes que se han identificado son 8 y 17 familias, donde el mayor número de familias encontradas pertenecen a las ordenes Ephemeroptera y Díptera con un total de 4, mientras en menor número pertenecen a las órdenes Tricladia, Trichóptera Annelida y Gasterópoda con un total de 1.

Se determino la calidad del agua utilizando los tres índices bióticos, en el cual mediante el uso del Índice EPT solo se logró determinar un tipo de calidad que es pobre en los 5 puntos de muestreo y la aplicación de los otros dos índices bióticos muestra una similitud en su categorización del tipo de agua identificada, ya que el Índice BMWP abarca una calidad del agua Aceptable, Dudosa y Crítica, asimismo el Índice ABI una calidad Buena, Moderada y Mala.

Por último, la relación de los parámetros fisicoquímicos con los macroinvertebrados bentónicos es: que a menor caudal promedio existió mayor número de familias, a comparación de la temperatura que se obtuvo menos familias a mayor valor de temperatura, asimismo con el pH y Oxígeno Disuelto hay una correlación entre valores y número de familias encontradas.

VII. RECOMENDACIONES

Impulsar el uso de esta metodología dentro de las demás quebradas para enriquecer el listado de órdenes y familias de las microcuencas mejorando así los valores de tolerancia y sensibilidad a diferentes niveles de contaminación en la región de Cajamarca.

Brindar continuidad en la evaluación del agua con la implementación de biomonitoreos y complementarse con estudios fisicoquímicos de manera continua para conocer mejor la variación en su calidad durante el transcurso del año, es decir en época creciente y vaciante.

Implementar el uso macroinvertebrados bentónicos para la evaluación de la calidad del agua, ya que esta metodología debido a su simplicidad por el nivel taxonómico de familias, el ahorro de tiempo y el bajo costo demuestra que es muy factible para su ejecución.

Desarrollar índices bióticos adaptados a nuestro país, ya que incitan las bases para que la evaluación con macroinvertebrados bentónicos sea reconocida por instituciones gubernamentales como una herramienta valiosa que permite la vigilancia de perturbaciones en ecosistemas acuáticos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, J. (2011). *Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del rio Yanuncay.* (Tesis ingeniería Ambiental). Universidad Politécnica salesiana sede cuenca. Cuenca.

Alba-Tercedor J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. En IV Simposio del Agua en Andalucía (pp. 203-213). Almería: Departamento de Biología Animal y Ecología. Universidad de Granada.

Álvarez, M. (2009). Estudio de la variabilidad espacio-temporal de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en los ecosistemas fluviales de Cantabria. Repercusiones para la aplicación de la directiva marco del agua. Universidad de Cantabria. Santander, España.

Álvarez, S. y Pérez, L. (2007). *Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguare, Honduras.* (Tesis de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente). Universidad de Zamorano. Honduras.

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.* Lima, Perú: ANA.

Andrea, F y Mejía, J. (2013). *Biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos en el sistema de cultivo de arroz en el sector Muñuela margen derecho en Piura, Perú.* Vol. (12), p147 – p162.

Pérez, A., Benetti, C y Garrido, J. (2013). *Estudio de la calidad del agua del río Furnia (NO. España) mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos.* Revista Nova Acta Científica Compostelana (Bioloxía). Vol. (20), p1- p10.

Castellón, R. (2013). *Evaluación Rápida De La Calidad Del Agua Utilizando Macroinvertebrados Acuáticos Durante La Temporada Lluviosa En La Microcuenca "El Chimbo".* Universidad Nacional Autónoma de Honduras y Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra. Honduras.

Correa, A. y Vega, T. (2015). *Utilización de indicadores biológicos e índices para la determinación de la calidad ecológica del rio Mashcón.* Revista de la facultad de ingeniería Ambiental.

Correa, F., Rivera, R., Urrutia, D., Contreras, A y Encina, F. (2010). *Efectos de una zona urbana sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un ecosistema fluvial del sur de Chile, Madrid – España.* Revista iberia de limmología vol. (29), p183 – p194.

Correa, I. (2000). *Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad ecológica del agua.* Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Universidad de Los Andes. Venezuela: Tesis.

Confederación hidráulica del Ebro. (2005). *Invertebrados bentónicos.* España: Ministerio del medio Ambiente.

Crettaz, M., Juarez, R., Aguer, I., Borro, E. y Peruzzo, R. (2014). Aplicación de índices de calidad de agua en un arroyo pampeano utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores (Gualeguaychú, entre ríos, Argentina). *Biología Acuática,* 30: 93-105

Cruz, R. (2014). *Desarrollo de alternativas sostenibles de monitoreo y biorremediación de las aguas del río Santa.* Universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz – Perú.

Domínguez, E., Molineri, C y Nieto, C. (2009). Ephemeroptera. En Domínguez, E., Fernández H. (eds.). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.

Endara, A. (2012). *Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua, Quito – Ecuador. Revista de la* Universidad Tecnológica Equinoccial. Vol. (3), p33 – p41.

Figueroa, R., Araya, E., Parra O. y Valdovinos C. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Historia Natural. 76 (2)*, 275-285.

Flores, D. (2014). *Guía de vigilancia ambiental con macroinvertebrados bentónicos en Cajamarca.* Cajamarca: Asociación Catalana D Eginyeria Sense Fronteres.

Galindo, L., Constantino, L., Benavides, P., Montoya, E y Rodríguez, N. (2012). *Evaluación de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua en quebradas de fincas cafeteras de Cundinamarca y Santander, Colombia*. Revista Cenicafé. Vol. (63), p70 - p92. Colombia.

Giacometti, J y Bersosa, F. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. [Versión electrónica]. *Espe (17-32).* Recuperado el 2 mayo de 2016, de http://www.espe.edu.ec/portal/files/E-RevSerZoologicaNo2/BolTec6SerZool(2)/GiamettiyBersosa_33.pdf

Gobierno Regional de Cajamarca (2011). *Zonificación Ecológica y Económica base para el Ordenamiento Territorial del Departamento de Cajamarca.* Cajamarca, Perú: GRC

Gonzales, C. y Maestre, J. (2014). Bentos (Macroinvertebrados). En la Universidad Nacional de San Marcos, *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.* Pp. 37 – 43. Lima: Editorial Zona Comunicaciones S.A.C.

Guerrero, F., Mnjarrés, A. y Nuñez N. (2003), Los macroinvertebrados bentónicos de pozo azul (Cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del Agua. *Acta Biológica Colombiana*, *8*(2): 43-55.

Gustavson, S., Cosme, L. y Trama, F. (2013). *Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú*. Revista científica Apuntes Ciencias Sociales. Vol. (2)

Hellawell, J. (1986). Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Applied Science Publ. London y New Cork. 546 p.

Herbas, A., Rivero, F. y Gonzáles, A. (2006). *Indicadores biológicos de calidad del agua.* Ponencia presentada en Curso Regional Presencial MIAAC. Manejo integrado de agua y áreas costeras, Cochabamba, Bolivia. Recuperado de http://www.pnuma.org/aguaaac/Curso%20Regional%20MIAAC/Conferencias/Dia%205%20(14gosto2010)/MIAAC%20PNUMA%20PAN%20AGO%2010%20MAX/BIBLIOGRAFIA/indicadoresBiologicosCalidadAgua.pdf

Jáuregui, J. y Iannacone, J. (2012). *Diversidad de la comunidad macrozoobentónica como bioindicadora de calidad de agua en el refugio de vida silvestre de los pantanos de Villa, Lima, Perú.* Revista The Biologist (Lima). Vol. (10).

Ladrera, R., Rieradevall, M. y Prat, N (2013). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. Ikastorratza, e-Revista de Didáctica. 11, 1 – 16.

Luna, H. (2009). *Estudio preliminar del uso de macroinvertebrados acuaticos como bioindicadores de la calidad del agua en la Quebrada Mamarramos y en un sector del rio Cane en el Santuario de fauna y flora Iguaque.* Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

Medina, Y. (2011). *Macroinvertebrados bentónicos indicadores de contaminación en el río chili entre junio a agosto del 2011.* Recuperado el 23 de abril del 2016, recuperado de: https://www.academia.edu/7278244/_MACROINVERTEBRADOS_BENT%C3%93NICOS_INDICADORES_DE_CONTAMINACI%C3%93N_EN_EL_R%C3%8DO_CHILI_ENTRE_JUNIO_A_AGOSTO_DEL_2011_AREQUIPA_-_PER%C3%9A_

Merritt, R. y Cummins, K. (1996). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3ª ed. Estados Unidos: Editorial Richard W. Merritt.

Oscoz, J. (2009). Guía de campo: Macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro. España: Confederación Hidrográfica del Ebro.

Ministerio del Ambiente (2015). Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM: Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, recuperado el 24 de abril del 2016, recuperado de: http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ds-ndeg-015-2015-minam.pdf

Palma, A. (2013). *Guía para la identificación de invertebrados acuáticos.* Chile:

Paredes, C., Iannacone, O y Alvariño, 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: 107-108.

_____. (2005). Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac, Lima-Callao, Perú. *Revista Colombiana de Entomología*, *31*(2): 219-225.

Pérez, R., Pineda, R y Nava, M. (2007). Integridad Biótica de Ambientes acuáticos. En: Perspectivas de conservación de ecossitemás acuáticos en México. SEMRNAT-INE-F&WS-UPC-UMSNH: 71-111

Pineda, J. y Quiroz, G. (2015). *Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados y estimación de la calidad del agua de las lagunas de chingaza, del medio y el arnical en el parque nacional natural chingaza.* (Tesis de Ingeniería Ambiental). Universidad Santo Tomás. Bogotá.

Posada, J., Roldán G. Y Ramírez, J. (2000). Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Biología Tropical. 48 (1).*

Prat, N., Ríos, B., Acosta, R. y Rieradevall, M. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En Domínguez, E., Fernández H. (eds.). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.

Prieto, J. (2004). *El agua, sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación*. Bogota: Eco Ediciones.

Raz, G. (2000). Crustáceos y Poliquetos. En: Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores). De la Lanza, E., Hernández, G. y Carbajal, P. (Eds). Plaza y Valdés. México. p. 265-307.

Reyes, F. (2013). *Macroinvertebrados acuáticos de los cuerpos Lénticos de la Región Maya, Guatemala.* Revista científica de Instituto De Investigaciones Químicas y Biológicas, Facultad de Ciencias Químicas Y Farmacia, y Universidad de san Carlos de Guatemala. Vol. (23).

Roldán, G. (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Universidad de Antioquia. Medellín, 529 p.

_____ (1988). *Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Colombia. Colombia:* Editorial Universidad de Antioquia.

_____ (2003). Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia.

Sánchez Ó., Herzig M., Peters E., Márquez R y Zambrano L. (2007) Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. En *Perspectivas sobre la conservación de ecosistemas acuáticos en México.* (11- 36). México. Ed. IEPSA. Impresora y Encuadernadora Progreso S.A.

Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Ecotropicos, 16 (2), 45-63

Terneus, E., Hernández, K. y Racines, M. J. (2012). *Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza – Ecuador. Revista de ciencias.* Vol. (16), p31 - p45.

Vivas, S., Casas, J.; Pardo, I.; Robles, S.; Mellado, A.; Alba-Tercedor, J.; Bonada, N.; Alvarez, M.; Jáimez, P.; Suárez, M.; Toro, M. & N. Prat. 2004. Aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de

las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del Proyecto GUADALMED. Limnetica, 21(3-4): 149-173.

Custodio, M. y Chamamé, F. (2016) Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín – Perú. *Scienctia Agropecuaria 7* (1): 33-44.

IX. ANEXOS

Anexo 1

Ficha Técnica para identificación de puntos de monitoreo

ANA
Autoridad Nacional del Ag

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

Nombre del cuerpo de agua:

Clasificación del cuerpo de agua:
(Categorizado de acuerdo con la R.J. N°202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero:
(Código Pfaffstätter)

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo:
(Según lo indicado en ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción:
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad:
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas pueden encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad:
(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna a mar, que el punto de monitoreo representa)

Finalidad del monitoreo:
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante, ...)

Reconocimiento del Entorno:
(Indicar referencias topográficas que permiten el fácil reconocimiento del punto en campo.)

UBICACIÓN

Distrito: Provincia: Departamento:

Localidad:

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas: ☐ Proyección UTM ☐ Geográficas

Norte/Latitud: Zona: (17, 18 o 19; para UTM solamente)

Este/Longitud: Altitud: (metros sobre el nivel del mar)

Croquis de ubicación del punto de monitoreo (referencia)

Fotografía:
(Tomada a un mínimo de 20 metros de distancia del punto de monitoreo)

Elaborado por: _____ Fecha: _____

Fuente: Autoridad Nacional del Agua.

Anexo 2

Ficha técnica para evaluación de parámetros físico- químico

ANA
Autoridad Nacional del Agua

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO

CUENCA: _____ REALIZADO POR: _____

AAA/ALA: _____ RESPONSABLE: _____

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas [1]		Altura	Fecha	Hora	pH	T	OD	COND	Caudal/ [2] profundidad	Observaciones [3]
						Norte/Sur	Este/Oeste	msnm				°C	mg/L	µS/cm	m³/s o m	

(1) Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en el sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en el sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84.
(2) Para el caso de cuerpo lótico, indicar el caudal. Para el caso de cuerpo léntico o marino-costero, indicar la profundidad.
(3) Las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.

_____
Firma del responsable del monitoreo

Fuente: Autoridad Nacional del Agua.

Anexo 3

Calculo del caudal

a) Cálculo de la velocidad

Tabla 14:

Calculo de la velocidad de la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.

	lanzamientos					promedio
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	
			Agosto del 2016			
Distancia (m)			30			30
Tiempo (S)	184.39	189.09	188.56	183.06	181.07	185.23
Velocidad	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	**0.16**
			Diciembre del 2016			
Distancia			30			30
Tiempo (S)	120.03	122.52	118.33	119.24	120.26	120.08
Velocidad (m/s)	0.25	0.24	0.25	0.25	0.25	**0.25**
			Marzo del 2017			
Distancia			30			30
Tiempo (S)	122.23	123.42	115.36	118.24	120.56	119.96
Velocidad	0.25	0.24	0.26	0.25	0.25	**0.25**

Fuente: elaboración propia

b) Cálculo del área

Tabla 14:

Medición del área de la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.

	Medición					promedio
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	
			Agosto del 2016			
Ancho (m)			1.04			1.04
Profundidad (m)	0.09	0.15	0.16	0.13	0.07	0.12
Área (m2)	0.09	0.16	0.17	0.14	0.07	**0.12**
			Diciembre del 2016			
Ancho (m)			1.80			1.80
Profundidad (m)	0.10	0.19	0.16	0.18	0.16	0.16
Área (m2)	0.18	0.34	0.29	0.32	0.29	**0.29**
			Marzo del 2017			
Ancho (m)			1.73			1.73
Profundidad (m)	0.12	0.18	0.18	0.20	0.14	0.16
Área (m2)	0.21	0.31	0.31	0.34	0.24	**0.28**

Fuente: elaboración propia

Tabla 15:

Calculo del caudal de la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.

Fecha	**Velocidad (m/s)**	**Área (**m^2)	**Caudal (**m^3/s)
Agosto del 2016	0.16	0.12	**0.02**
Diciembre del 2016	0.25	0.29	**0.073**
Marzo del 2017	0.25	0.28	**0.07**

Fuente: elaboración propia

Anexo 4

Caracterización fisicoquímica

Tabla 16:

Resumen de la Caracterización de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en los 5 puntos de muestreo en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.

Parámetro	Unidad	Fecha	Puntos de muestro				
			QC- R	QC- 01	QC- 02	QC- 03	QC- 04
Temperatura	°C	Agosto	13.9	14.9	15.1	14.9	15.2
		Diciembre	14.5	15.5	15.7	15.8	15.6
		Marzo	14.3	15.6	15.4	15.9	15.7
pH	pH	Agosto	7.60	7.59	7.45	7.52	7.58
		Diciembre	7.85	7.86	7.87	7.65	7.77
		Marzo	7.83	8.02	7.92	7.94	7.87
Conductividad eléctrica	µS/cm	Agosto	236	234	250	265	238
		Diciembre	542.5	568	585	606	604.5
		Marzo	312.5	339	409	440	445
DBO	Mg O_2/L	Agosto	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
		Diciembre	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
		Marzo	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Oxígeno disuelto	Mg O_2/L	Agosto	7.9	7.4	7.8	6.8	7.2
		Diciembre	5.7	5.5	5.6	4.2	4.8
		Marzo	6.09	6.26	5.88	5.25	4.88

Fuente: elaboración propia

Anexo 5

Anexo a)

Identificación de macroinvertebrados bentónicos según tipo de hábitat en el punto QC-R

Tabla 17:

Identificación de macroinvertebrados en el Punto QC- R en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.

Orden	**Familia**	**MONITOREOS**								
		Agosto			**Diciembre**			**Marzo**		
		Pozas	Hojarasca	Corriente	Pozas	Hojarasca	Corriente	Pozas	Hojarasca	Corriente
Gasterópoda	Physidae	Si	Si		Si			Si		
Díptera	Chironomidae	Si						Si	Si	
	Simulüdae			Si		Si	Si			
	Psychodidae	Si	Si			Si	S			
Ephemeroptera	Oligneurmidae			Si		Si	Si			Si
	Baetidae		Si				Si		Si	
	leptophlebiidae		Si			Si			Si	Si
	Leptohyphidae			Si		Si			Si	
Plecoptera	Perlidae			Si						
Coleóptera	Ptilodactylidae	Si		Si	Si			Si		
	Gyrinidae	Si			Si					
	Elmidae		Si			Si			Si	Si

Fuente: Elaboración propia

Anexo b)

Identificación de macroinvertebrados bentónicos según tipo de hábitat en el punto QC-01

Tabla 18:

Identificación de macroinvertebrados en el Punto QC - 01 en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.

Orden	**Familia**	**MONITOREOS**								
		Agosto			**Diciembre**			**Marzo**		
		Pozas	Hojarasca	Corriente	Pozas	Hojarasca	Corriente	Pozas	Hojarasca	Corriente
Gasterópoda	Physidae		Si			Si			Si	
Díptera	Chironomidae	Si			Si			Si		
	Simuliidae					Si	Si			Si
Ephemeroptera	Baetidae		Si						Si	
	oligoneurüdae		Si						Si	
	leptohyphidae					Si	Si			Si
Coleóptera	Ptilodactylidae	Si	Si	Si				Si	Si	Si
	Elmidae					Si				
Plecoptera	Gripopterygidae		Si	Si					Si	Si
	Perlidae					Si	Si			
Annelida	Oligochatea		Si		Si	Si			Si	
Tridadida	Planarüdae		Si		Si				Si	

Fuente: Elaboración propia

Anexo c)

Identificación de macroinvertebrados bentónicos según tipo de hábitat en el punto QC-02

Tabla 19:

Identificación de macroinvertebrados en el Punto QC- 02 en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.

Orden	**Familia**	**MONITOREOS**								
		Agosto			**Diciembre**			**Marzo**		
		Pozas	Hojarasca	Corriente	Pozas	Hojarasca	Corriente	Pozas	Hojarasca	Corriente
Gasteroppoda	Physidae	Si				Si			Si	
Díptera	Chironomidae	Si			Si			Si		
	Simuliidae					Si	Si			
Ephemeroptera	Baetidae		Si	Si					Si	
	oligoneurüdae		Si	Si					Si	Si
Coleóptera	Ptilodactylidae	Si				Si				
	Elmidae				Si				Si	Si
Plecoptera	Gripopterygidae	Si	Si						Si	Si
	Perlidae					Si	Si			
Annelida	Oligochatea							Si		

Fuente: Elaboración propia

Anexo d)

Identificación de macroinvertebrados bentónicos según tipo de hábitat en el punto QC-03

Tabla 20:

Identificación de macroinvertebrados en el Punto QC- 03 en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.

Orden	**Familia**	**MONITOREOS**								
		Agosto			**Diciembre**			**Marzo**		
		Pozas	Hojarasca	Corriente	Pozas	Hojarasca	Corriente	Pozas	Hojarasca	Corriente
Gasteroppoda	Physidae	Si	Si			Si		Si		
Díptera	Chironomidae	Si			Si					
	Simuliidae	Si						Si	Si	
Ephemeroptera	Baetidae		Si	Si		Si	Si			
Coleóptera	Ptilodactylidae	Si				Si				
	Elmidae				Si				Si	Si
Annelida	Oligochatea	Si			Si			Si	Si	

Fuente: Elaboración propia

Anexo e)

Identificación de macroinvertebrados bentónicos según tipo de hábitat en el punto QC-04

Tabla 21:

Identificación de macroinvertebrados en el Punto QC- 04 en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.

Orden	**Familia**	**MONITOREOS**								
		Agosto			**Diciembre**			**Marzo**		
		Pozas	Hojarasca	Corriente	Pozas	Hojarasca	Corriente	Pozas	Hojarasca	Corriente
Gasterópoda	Physidae		Si			Si		Si	Si	
Díptera	Chironomidae	Si								
	Tabanidae		Si			Si	Si			
Ephemeroptera	Baetidae		Si	Si					Si	
	oligoneurüdae						Si		Si	Si
Coleóptera	Ptilodactylidae	Si	Si	Si						
	Elmidae						Si			
Trichoptera	xiphocentronidae		Si					Si		
Annelida	Oligochatea	Si	Si		Si			Si		
Tricladida	Planarüdae		Si							

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6

Relación de los parámetros fisicoquímicos con el número de familias identificadas

Tabla 22:

Relación de los parámetros fisicoquímicos con el número de familias *obtenidos en los 5 puntos de muestreo en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

Puntos de Muestreo	Fecha	Número de familias	Caudal (m^3/s)	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno (pH)	Conductividad eléctrica µS/cm	DBO_5 Mg O2/L	Oxígeno disuelto (Mg O2/L)
QC - R	Ago.	12	0.020	13.9	7.6	236.0	2.6	7.9
	Dic.	10	0.073	14.5	7.85	542.5	2.6	5.7
	Mar.	8	0.070	15.4	7.83	312.5	2.6	6.1
QC- 01	Ago.	8	0.020	14.9	7.59	234.0	2.6	7.4
	Dic.	9	0.073	15.5	7.86	568.0	2.6	5.5
	Marzo	10	0.070	15.6	8.02	339.0	2.6	6.3
QC- 02	Ago.	6	0.020	15.1	7.45	250.0	2.6	7.8
	Dic.	6	0.073	15.7	7.87	585.0	2.6	5.6
	Mar.	7	0.070	15.4	7.92	409.0	2.6	5.9
QC- 03	Ago.	6	0.020	14.9	7.52	265.0	2.6	6.8
	Dic.	6	0.073	15.8	7.65	606.0	2.6	4.2
	Mar.	4	0.070	15.9	7.94	440.0	2.6	5.3
QC- 04	Ago.	8	0.020	15.2	7.58	238.0	2.6	7.2
	Dic.	6	0.073	15.6	7.77	604.5	2.6	4.8
	Mar.	5	0.070	15.7	7.87	445.0	2.6	4.9

Nota:
- Valor máximo.
- Valor mínimo.
- Valor que no cumple de los ECAs.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7

Anexo a)

Las familias identificadas por cada orden.

Tabla 22:

Las familias identificadas por cada orden *en los 5 puntos de muestreo en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

Orden	Familia
Gasterópoda	Physidae
Díptera	Chiroranide Simulüdae Psychodidae
Ephemeroptera	Oligneurmidae Baetidae Leptophlebiidae Leptohyphidae
Plecoptera	Gripopterygidae Perlidae
Coleóptera	Ptilodactylidae Gyrinidae Elmidae
Trichoptera	xiphocentronidae Calamocceratidae
Annelida	Oligochatea
Tricladida	Planarüdae

Fuente: Elaboración propia

Anexo b)

Las familias identificadas por cada orden en porcentaje.

Tabla 23:

El número y porcentaje de las familias identificadas por cada orden *en los 5 puntos de muestreo en la quebrada Chambag en los meses de agosto, diciembre del 2016 y marzo del 2017.*

Orden	N° de Familias	%
Gasterópoda	1	5.88
Díptera	4	23.53
Ephemeroptera	4	23.53
Plecoptera	2	11.76
Coleóptera	3	17.65
Trichoptera	1	5.88
Annelida	1	5.88
Tricladida	1	5.88
TOTAL	17	100.00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8

Guía de vigilancia ambiental con macroinvertebrados bentónicos en Cajamarca.

Anexo a)

Interpretación de los índices bióticos.

Indices e interpretación

Son resultado de muchas investigaciones para determinar la calidad del agua y le otorgan puntajes a las familias de MIB que registran. Usaremos estas puntuaciones después de haber colectado e identificado a las Familias de bichitos que encontremos en nuestro río. **Usamos la Ficha #2 de Anexos.** Luego interpretamos según este cuadro.

EPT

Te pide SUMAR el **N° total de Familias** de las Órdenes **Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera que encontremos.** *Si tenemos 8, por ejemplo, la calidad del agua será "Baja".*

BMWP/Col

Le otorga **mayores puntajes a las Familias de MIB menos tolerantes a la contaminación.** Si encontramos la Familia, le damos el puntaje que señala la Ficha#2, no importa el # de bichitos de la familia encontrados. Se suman los pun-tajes de las Familias encontradas. *Si, por ejemplo, obtenemos un puntaje de 38, el agua será de "Dudosa" calidad.*

Índice Biótico Andino (ABI)

También le da **mayores puntajes a los MIB menos tolerantes a la contaminación.** Si encontramos la Familia le damos el puntaje que señala la Ficha #2. No importa cuántos bichitos de la Familia hayamos encontrado. Se suman los puntajes de las Familias encontradas. Si por ejemplo es puntaje es de 50, la calidad es "Buena".

Índice Biótico de Familia (IBF)

Al revés de los demás Índices, le da **menor puntaje a las Familias de MIB menos tolerantes** a la contaminación y mayor puntaje a los más tolerantes. En este Índice, contamos la cantidad de bichitos por c/Familia, y lo multiplicamos por el puntaje otorgado. El resultado final lo interpretamos según este cuadro.

EPT	Excelente	Buena	Justo	Baja	Pobre		
	Más de 27	21 a 27	14 a 20	7 a 13	0 a 6		
BMWP/Col	Buena	Aceptable	Dudosa	Crítica	Muy crítica		
	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas	*Aguas ligeramente contaminadas*	*Aguas moderadamente contaminadas*	*Aguas muy contaminadas*	*Aguas fuertemente contaminadas*		
	101-150	61 a 100	36 a 60	16 a 35	Menos de 15		
ABI	Muy bueno	Bueno	Moderado	Malo	Pésimo		
	Más de 74	45 a 74	27 a 44	11 a 26	Menos de 11		
IBF	Excelente	Muy buena	Buena	Mala	Muy mala	Pobre	Muy pobre
	Sin contaminación orgánica	*Posible poca contaminación*	*Probable cierta contaminación*	*Muy considerable contaminación*	*Considerable contaminación*	*Bastante contaminación*	*Severa contaminación orgánica*
	0.00 a 3.75	3.76 a 4.25	4.26 a 5	5.01 a 5.75	5.76 a 6.5	6.51 a 7.25	7.26 a 10

Nota: En esta guía presentamos 4 índices. Sin embargo, existen muchos más que cada grupo de vigilancia puede buscar y evaluar si es pertinente para su tipo de ecosistema y el tipo de contaminación que busca identificar. Lo ideal es contar con un Índice para cada lugar, por ejemplo, para la jalca de la Cuenca del Jequetepeque. Esto se logra con muchas investigaciones y colectas que muestren qué familias y cómo reaccionan en ese hábitat.

GUARDIANES DEL AGUA

11

Figura 33: Interpretación de los índices bióticos**.** *Fuente: Flores. (2014).*

Anexo b)

Identificación de un Macroinvertebrados Bentónico.

Figura 34: Identificación de los macroinvertebrados bentónicos**.** *Fuente: Flores. (2014).*

Anexo c)

Identificación de un Macroinvertebrados Bentónico.

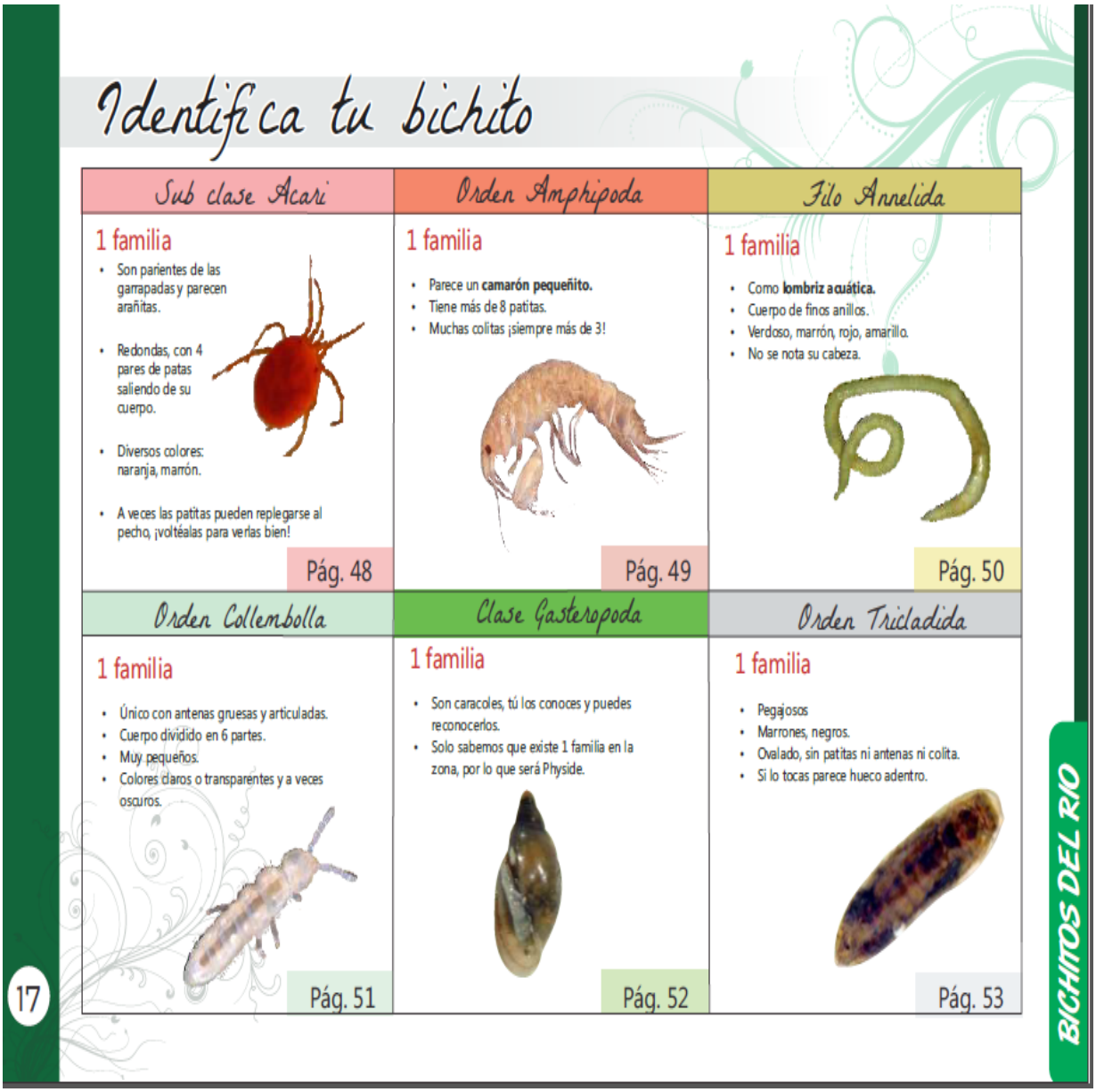

Figura 35: Identificación de los macroinvertebrados bentónicos**.** *Fuente: Flores. (2014).*

Anexo d)

Ficha técnica del índice ETP para la evaluación macroinvertebrados

RIQUEZA TOTAL Y EPT		
Orden	**Familia (Marcar con una X en caso de presencia)**	
Ephemeroptera	Oligoneuridae	
	Baetidae	
	Leptophlebiidae	
	Leptohyphidae	
Plecoptera	Perlidae	
	Gripopterygidae	
Trichoptera	Calamoceratidae	
	Hydropsychidae	
	Hydrobiosidae	
	Hydroptilidae	
	Leptoceridae	
	Polycentropodidae	
	Helicopsychidae	
	Xiphocentronidae	
	Glossosomatidae	
EPT = N° TOTAL FAMILIAS TRICHOPTERA+EPHEMEROPTERA+ PLECOPTERA		

Figura 36 Ficha técnica del índice ETP para la evaluación macroinvertebrados. *Fuente: Flores. (2014).*

Anexo e)

Ficha técnica del índice ABI para la evaluación macroinvertebrados

ABI = SUMA TOTAL		**		Índice Biótico Andino (ABI)	
				Puntaje	Cálculo (Presencia = puntaje)
Amphipoda	Hyalellidae			6	
Gasteropoda	Physidae			3	
Diptera	Tabanidae			4	
	Chironomidae			2	
	Simuliidae			5	
	Ceratopogonidae			4	
	Empididae			4	
	Limoniidae			4	
	Ephydridae			2	
	Blephariceridae			10	
	Psychodidae			3	
	Tipulidae			5	
Ephemeroptera	Oligoneuridae			10	
	Baetidae			4	
	Leptophlebiidae			10	
	Leptohyphidae			7	
Plecoptera	Perlidae			10	
	Gripopterygidae			10	
Trichoptera	Calamoceratidae			10	
	Hydropsychidae			5	
	Hydrobiosidae			8	
	Hydroptilidae			6	
	Leptoceridae			8	
	Polycentropodidae			8	
	Helicopsychidae			10	
	Xiphocentronidae			8	
	Glossosomatidae			7	
Coleoptera	Dytiscidae			3	
	Ptilodactylidae			5	
	Psephenidae			5	
	Gyrinidae			3	
	Elmidae			5	
	Scirtidae			5	
Collembola	Collembola			0	
Acari	Hidracarina			4	
Annelida	Annelida Oligochaeta			1	
Tricladia/ Seriata	Planariidae				

Figura 37: Ficha técnica del índice ABI para la evaluación macroinvertebrados. *Fuente: Flores. (2014).*

Anexo d)

Ficha técnica del índice BMWP para la evaluación macroinvertebrados

BMWP = SUMA TOTAL		**	Biological monitoring working party (BMWP)	
			Puntaje	Cálculo (Presencia = Puntaje)
Amphipoda	Hyalellidae		7	
Gasteropoda	Physidae		3	
Diptera	Tabanidae		5	
	Chironomidae		2	
	Simuliidae		8	
	Ceratopogonidae		3	
	Empididae		4	
	Limoniidae			
	Ephydridae			
	Blephariceridae		10	
	Psychodidae		7	
	Tipulidae		3	
Ephemeroptera	Oligoneuridae		10	
	Baetidae		7	
	Leptophlebiidae		9	
	Leptohyphidae		7	
Plecoptera	Perlidae		10	
	Gripopterygidae			
Trichoptera	Calamoceratidae		10	
	Hydropsychidae		5	
	Hydrobiosidae		9	
	Hydroptilidae		7	
	Leptoceridae		8	
	Polycentropodidae		9	
	Helicopsychidae		8	
	Xiphocentronidae		9	
	Glossosomatidae		7	
Coleoptera	Dytiscidae		9	
	Ptilodactylidae		10	
	Psephenidae		10	
	Gyrinidae		9	
	Elmidae		6	
	Scirtidae			
Collembola	Collembola			
Acari	Hidracarina			
Annelida	Annelida Oligochaeta			
Tricladia/ Seriata	Planariidae		7	
PORCENTAJE DE RIQUEZA ENCONTRADA = (N° TOTAL DE FAMILIAS ENCONTRADAS/37) x 100				

Figura 37: Ficha técnica del índice BMWP para la evaluación macroinvertebrados. *Fuente: Flores. (2014).*

ANEXO 9

PANEL FOTAGRÁFICO

Anexo a)

Georreferenciación de los puntos muestreados

Figura 38: *Georreferenciación por coordenadas UTM de los puntos de muestreo.*

Anexo b)

Medición de caudal

Figura 39: *Medición del caudal en el mes de marzo del 2017.*

Anexo c)

Caracterización fisicoquímica del mes de agosto 2016

Figura 40: *Caracterización fisicoquímica en el mes de agosto del 2016.*

Anexo d)

Caracterización fisicoquímica del mes de diciembre 2016

Figura 41: *Caracterización fisicoquímica en el mes de diciembre del 2016.*

Anexo e)

Caracterización fisicoquímica del mes de marzo 2017

Figura 42: *Caracterización fisicoquímica en el mes de marzo del 2017.*

Anexo f)

Recolección e Identificación de MIB en el mes de agosto del 2016

Figura 43: *Recolección e Identificación de MIB en el mes de agosto del 2016 en los 5 puntos de muestreo.*

.

Anexo g)

Recolección e Identificación de MIB en el mes de diciembre del 2016

Figura 44: *Recolección e Identificación de MIB en el mes de diciembre del 2016 en los 5 puntos de muestreo.*

Anexo h)

Recolección e Identificación de MIB en el mes de marzo del 2016

Figura 45: *Recolección e Identificación de MIB en el mes de marzo del 2016 en los 5 puntos de muestreo.*

ANEXO 9

Actividades antropogénicas en zonas aledañas a la quebrada

Figura 46: *Actividades antropogénicas en zonas aledañas a la quebrada Chambag.*

.