

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL**



**Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados
bentónicos como indicadores biológicos en el río Yanayacu, Chota-
Cajamarca 2019**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

Br. Yover Bustamante Mejia

ASESORA:

Mg. Doris Elena Delgado Tapia

Firma manuscrita de Doris Elena Delgado Tapia en azul. Debajo de la firma hay un sello rectangular azul que contiene el texto: "Doris Elena Delgado Tapia", "INGENIERA QUÍMICA" y "REG. CIP 111832".

Chota – Perú

2020

Acta de sustentación de tesis

ACTA N° 03-2020/EPIFA/UNACH

Siendo las 11 horas, del día 11 de NOVIEMBRE del 2020, en video conferencia del aplicativo Meet Google, los miembros del Jurado de Tesis titulada: "Evaluación de la calidad de agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos en el río Yanayacu, Chota-Cajamarca 2019" integrado por:

1. Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza, Presidente.
2. M.Sc. Alfonso Sánchez Rojas, Secretario.
3. M.Sc. Jim Jairo Villena Velásquez, Vocal

Sustentada por Yover Bustamante Mejía, con la finalidad de obtener su Título Profesional en Ingeniero Forestal y Ambiental

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda Aprobar la tesis, calificándola con la nota de: (17).DIECISIETE, se eleva la presente Acta al Coordinador de la Escuela de Ingeniería Forestal y Ambiental, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL AMBIENTAL.

Firmado en: Chota, 11 de Noviembre del 2020.



.....
Presidente



.....
Secretario



.....
Vocal

Constancia de Originalidad



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



Constancia de Originalidad

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis Titulado "Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos en el río Yanayacu, Chota – Cajamarca 2019", desarrollado por Yover Bustamante Mejía; presenta una SIMILITUD MENOR al 20% por lo que cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en la Directiva N° 004-2020-UNACH aprobada mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 450-2020-UNACH.

Chota, 10 de diciembre de 2020.

Atentamente;

*M.Sc. Roberto Ernesto Echeo González
Jefe de la Unidad de Investigación
Facultad de Ciencias Agrarias*

CO-0005-FCA

Agradecimientos

Agradezco al todopoderoso, por la salud, la vida y por guiarme por el camino del bien, fortaleciéndome y sosegándome en aquellos tiempos dificultosos de mi existencia.

Para mi familia, por ser el pilar fundamental para lograr alcanzar mis sueños, por su apoyo incondicional brindado.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

A la Ingeniera Doris Elena Delgado Tapia por su orientación y su apoyo en el asesoramiento de mi tesis.

Al Ingeniero Ever Núñez Bustamante por su amparo moral, paciencia y guía en la realización de mi tesis.

Al Biólogo Jesús Rascón Barrios, por su patrocinio brindado y facilitar en el préstamo de la red net y por su orientación y su aval en la concretación de mi tesis.

Al Doctor Sergel Mejía Díaz por su motivación de superación y sus consejos oportunos para el desarrollo de mi investigación.

Dedicatoria

Al altísimo por guiarme y encaminarme por la senda del bien, derramando sus bendiciones.

A mis padres Estanislao y Solemia, por ser la fuente de motivación y superación, abnegados y afanosos por procurarme una profesión hacia mi porvenir y creyendo siempre en mi disposición para lograr mis objetivos.

A mis hermanos Arnulfo, Maritza, Haydeé, Leila quienes me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para que esta inspiración se haga efectiva.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos	iv
Dedicatoria.....	v
Resumen.....	11
Abstract.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes	15
2.2. Bases teóricas	18
2.3. Marco conceptual	22
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	24
3.1. Ubicación	24
3.2. Población y muestra	27
3.3. Equipos, materiales e insumos	27
3.4. Metodología de la investigación	29
3.5. Análisis estadístico.....	38
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	39
4.1. Parámetros fisicoquímicos	39
4.2. Aforo de la corriente superficial del río Yanayacu	48
4.3. Comparación de los ECA para aguas de Categoría 3 con parámetros analizados.....	49
4.4. Macroinvertebrados bentónicos	51
4.5. Índices bióticos.....	63
4.6. Análisis de componentes principales.	66
4.7. Análisis de correlación según Pearson.....	70
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Puntos de estaciones para el muestreo, elevación y coordenadas UTM	30
Tabla 2: Características del tiempo en los días de muestreo SENAMHI (2019)	31
Tabla 3: Clasificación de aguas según Categoría 3.	38
Tabla 4: Valores de los parámetros fisicoquímicos del agua conseguidos de las estaciones de muestreo del río Yanayacu.	39
Tabla 5: Valores de pH obtenidas en las tres estaciones de muestreo.	40
Tabla 6: Resultados de conductividad obtenidas en las tres estaciones	41
Tabla 7: Resultados de temperatura del agua obtenidas en las tres estaciones.....	43
Tabla 8: Resultados de nitratos obtenidos en las tres estaciones de muestreo	46
Tabla 9: Valores estimados del caudal del río Yanayacu	48
Tabla 10: Comparación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos con los estándares de calidad ambiental para aguas de Categoría 3	50
Tabla 11: Macroinvertebrados encontrados en cada punto de monitoreo del área de estudio.....	52
Tabla 12: Cantidad de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el río Yanayacu	54
Tabla 13: Total de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en los meses de septiembre, octubre y noviembre.....	56
Tabla 14: Promedio de la cantidad de macroinvertebrados por estación de muestreo ...	60
Tabla 15: Valores del IBA, para las estaciones de muestreo en el río Yanayacu.....	63
Tabla 16: Valores del Índice BMWP, para las estaciones de muestreo en el río Yanayacu	65
Tabla 17: Matriz de correlaciones de las variables originales propias de los componentes principales del estudio del río Yanayacu	67
Tabla 18: Detalle de parámetros fisicoquímicos y familias de macroinvertebrados por cada estación, según correlación de Pearson	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del río Yanayacu	26
Figura 2: Esquema metodológico de la investigación.	29
Figura 3: Cálculo de la velocidad en varios puntos de la sección perpendicular	33
Figura 4: Clasificación del estado ecológico según rangos del IBA en el Perú	34
Figura 5: Puntuaciones asignadas de tolerancia de las familias de macroinvertebrados según índice biótico andino IBA	35
Figura 6: Tipificación de la calidad del agua según el índice BMWP	36
Figura 7: Valoraciones establecidas a las distintas familias de macroinvertebrados en ríos del norte del Perú BMWP	37
Figura 8: Tendencia del potencial de hidrógeno (pH) en el río Yanayacu	40
Figura 9: Tendencia de la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en el río Yanayacu.....	42
Figura 10: Tendencia de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en el río Yanayacu.....	44
Figura 11: Tendencia de los nitratos en el río Yanayacu.....	46
Figura 12: Tendencia del caudal del río Yanayacu.....	48
Figura 13: Familias identificadas en el río Yanayacu.....	55
Figura 14: Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Yanayacu en el mes de septiembre.....	57
Figura 15: Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Yanayacu en el mes de octubre	58
Figura 16: Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Yanayacu en el mes de noviembre.	59
Figura 17: Promedio de las familias de macroinvertebrados identificados por estación de muestreo.....	61
Figura 18: Distribución del Índice IBA por estación de muestreo en el río Yanayacu. .	64
Figura 19: Distribución del Índice BMWP por estación de muestreo en el río Yanayacu	66
Figura 20: Análisis de componentes principales de parámetros físico-químicos, índices de ABI, BMWP y de individuos bentónicos del río Yanayacu.	68
Figura 21: Desarrollo de la correlación entre el pH y el total de especímenes de la familia Elmidae registrados en el río Yanayacu.	71

Figura 22: Desarrollo de la correlación entre el pH y el total de especímenes de la familia Baetidae registrados en el río Yanayacu	72
Figura 23: Desarrollo de la correlación entre el pH y el total de especímenes de la familia Perlidae registrados en el río Yanayacu	73
Figura 24: Desarrollo de la correlación entre el pH y el total de especímenes de la familia Physidae registrados en el río Yanayacu.....	74
Figura 25: Correlación entre la temperatura y el total de especímenes de la familia Elmidae registrados en el río Yanayacu	75
Figura 26: Correlación entre la temperatura y el total de especímenes de la familia Physidae registrados en el río Yanayacu	76
Figura 27: Correlación entre la conductividad y el total de especímenes de la familia Elmidae registrados en el río Yanayacu.....	77
Figura 28: Correlación entre la conductividad y el total de especímenes de la familia Psephenidae registrados en el río Yanayacu.....	78
Figura 29: Correlación entre la conductividad y el total de especímenes de la familia Physidae registrados en el río Yanayacu.....	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Georreferenciación de las estaciones de muestreo.....	91
Anexo 2: Captura de macroinvertebrados bentónicos	91
Anexo 3: Colocación de macroinvertebrados en depósitos	92
Anexo 4: Adición de alcohol al 96%	93
Anexo 5: Equipo multiparamétrico.....	93
Anexo 6: Determinación de parámetros fisicoquímicos in situ	93
Anexo 7:Toma de muestras para determinar nitratos	94
Anexo 8: Determinación de nitratos en el laboratorio de la UNACH	94
Anexo 9: Medición del caudal con un correntómetro.....	95
Anexo 10: Determinación de macroinvertebrados bentónicos a nivel de familia.	95
Anexo 11: Representante de la familia Perlidae	96
Anexo 12:Representante de la familia Hyalellidae.....	96
Anexo 13: Representante de la familia Polycentropodidae	97
Anexo 14: Representante de la familia Psephenidae	97
Anexo 15: Representante de la familia Elmidae (Cylloepus sp)	98
Anexo 16: Representante de la familia Elmidae (macrelmis sp).....	98
Anexo 17: Representante de la familia Tipulidae (bellardina sp)	99
Anexo 18: Representante de la familia Physidae.....	99
Anexo 19:Representante de la familia ptilodactylidae	100
Anexo 20: Representante de la familia Philopotamidae	100
Anexo 21: Representante de la familia Tipulidae (Eriocera sp).....	101
Anexo 22: Representante de la familia Baetidae	101

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar el estado ecológico del agua empleando macroinvertebrados bentónicos a modo de indicadores biológicos en el río Yanayacu, Chota-Cajamarca. Los monitoreos se realizaron desde septiembre a noviembre del 2019, en sitios afectados por actividades antrópicas circundantes sobre el río Yanayacu. Se seleccionaron tres zonas de muestreo, tomando en cuenta longitud del río, localización en puntos estratégicos donde se genera mayor impacto y accesibilidad para la recolección de macroinvertebrados bentónicos. Se midieron algunos parámetros como: potencial de hidrógeno, conductividad, temperatura y nitratos. La calidad del agua fue estimada por los índices: grupo de trabajo de seguimiento biológico (BMWP) y el índice Biótico Andino (IBA). Los resultados mostraron que los macroinvertebrados bentónicos encontrados en los monitoreos son 866 especímenes concernientes a 10 órdenes y 14 familias, siendo *Elmidae* la más representativa con 301 individuos (34.76%), seguida de *Baetidae* 128 individuos (14.78%). Los índices biológicos BMWP e IBA indicó que el agua es de buena calidad, pues al contrastar los resultados con los índices bióticos y los parámetros indica que la tendencia mostrada por ambos métodos fue similar.

Palabras clave: indicadores biológicos, índices biológicos, macroinvertebrados bentónicos, estado ecológico.

Abstract

The objective of the work is to assess the ecological status of water using benthic macro invertebrates as biological indicators in the Yanayacu River, Chota-Cajamarca. The samplings carried out from September to November 2019, at sites influenced by surrounding anthropic activities on the Yanayacu River. Three sampling points were selected, taking into account the fast zones and slow zones for the collection of benthic macroinvertebrates. The physicochemical parameters of water quality measured: hydrogen potential, conductivity, temperature and nitrates. The quality of the water estimated by the indices: Biological Monitoring Working Party (BMWP) and the Andean Biotic Index (IBA). The results show that the benthic macro invertebrates identified in the samplings are 866 specimens belonging to 10 orders and 14 families, being *Elmidae* the most abundant with 301 individuals (34.76%), followed by *Baetidae* 128 individuals (14.78%). The BMWP and IBA biological indices indicated that the water is of good quality or acceptable with some contamination effects. When comparing the results of the biological indices with the physicochemical parameters, since the trend shown by both methods was similar.

Keywords: Biological indicators, biological indices, benthic macro invertebrates, ecological status.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Los inconvenientes relacionados al estado ecológico del agua permanecen tanto en los países subdesarrollados como en los países desarrollados, e incluyen las masas de agua de muy buena calidad con percusiones agrupadas, cambios en la hidromorfología, la expansión de especies exóticas invasoras y el aumento de contaminantes (UNESCO, 2019).

Para Pérez (2016), “los macroinvertebrados bentónicos tienen cada día más aceptación de uso como bioindicadores de calidad del agua, siendo una de las técnicas más utilizadas para la evaluación de los impactos antropogénicos producidos por la realización de los proyectos” (p. 255).

A nivel mundial según UNESCO (2018), indica que: “la pérdida de calidad del agua se ha dado por una faceta de cambios; por el incremento demográfico, las actividades industriales, actividades antrópicas y los cambios de uso de suelo” (p. 13).

A nivel nacional según el ANA (2012) manifiesta que el estado ecológico del agua en los ríos del País se ve afectada por las difusiones de aguas excedentes municipales, acciones antrópicas, mineras y también de manera natural, atentando contra la salud pública y el entorno natural (como se citó en Espinoza, 2017).

En la región de Cajamarca en el distrito de Hualgayoc las actividades mineras de las compañías Coimolache, Gold Fields y San Nicolás, vienen contaminando las aguas de los ríos Tingo y Maigasbamba por el ingreso de contaminantes de metales pesados y relaves mineros, afectando a la cobertura vegetal, al medio ambiente y a la población Hualgayocquina (ANA, 2015).

Existen pocos estudios relacionados a los macroinvertebrados bentónicos en los ríos de Chota, uno de ellos es el estudio realizado en el río Chotano, determinándose un estado ecológico de mala calidad (Sánchez, 2018).

Los ríos han sido altamente intervenidos mediante procesos de urbanización, deforestación y contaminación por vertimientos de residuos sólidos y líquidos. Uno de los grandes problemas que aborda este estudio corresponde al uso de las aguas del río para uso agropecuario, estas actividades generan un impacto en la calidad del agua y se

necesita estimar su estado para precisar si es apta para los diferentes usos, siendo factores de gran significación la evaluación de las repercusiones ambientales causadas por actividades de carácter antrópico, que se expresan en un desequilibrio sobre los ecosistemas acuáticos (Moscoso, 2016).

El estudio trae múltiples beneficios en el ámbito social, económico, ambiental y académico: en el ámbito social, permite dar a conocer el estado actual del agua a la población que hace uso del agua del río Yanayacu; en lo económico, la técnica a utilizar para el control biológico, es de reducido costo y admite apreciar con facilidad la distribución y composición de los macroinvertebrados bentónicos; en lo ambiental, es importante porque permite tener un sustento documentado de la calidad del agua en relación con la distribución taxonómica de individuos en el río Yanayacu; además en la parte académica, permite y ayuda a ampliar los conocimientos e induce y motiva a la investigación; además la metodología se puede extrapolar a otras realidades y los trabajos comparar con estudios similares.

Se planteó la siguiente interrogante para la investigación ¿Cuál es la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos en el río Yanayacu, Chota- Cajamarca?

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos en el río Yanayacu, Chota-Cajamarca y se plantearon como objetivos específicos: analizar y comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos del río Yanayacu (pH, conductividad, temperatura, Nitratos) según los Estándares de Calidad Ambiental (ECAS) para categoría 3, identificar los macroinvertebrados bentónicos a nivel de familia, encontrados en el río Yanayacu y establecer el estado ecológico del agua utilizando índices bióticos IBA y BMWP para los ríos del norte del Perú.

La hipótesis de la investigación que se planteó fue: las aguas del río Yanayacu, Chota-Cajamarca cumplen en su totalidad con la categoría 3 de los Ecas y la calidad de agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores se encontró un buen número de familias indicadoras del agua de buena calidad. Y la hipótesis alternante a considerar explicaría la ausencia de macroinvertebrados bentónicos indicadores de buena calidad, con lo que se afirma aguas de un estado ecológico malo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 A nivel mundial

Pastran (2017), en su estudio evaluó el estado ecológico de los volúmenes del agua en el río Suarez (Chiquinquirá- Boyacá), por medio de macroinvertebrados bentónicos para ayudar a entender la salud de los cuerpos de agua, se enmarcó en un enfoque cuantitativo, cuyo tipo de investigación descriptiva, se determinó que el estado crítico del río Suarez.

Forero (2017), evidenció alteraciones en la calidad del agua desde la evaluación de la composición de las colectividades de MAB, mostrando cambios significativos en su riqueza de especies y su multiplicidad. En el contexto de la tesis citada, sirve para evaluar los cambios de calidad del agua en el cauce del río Frío y determinar cuáles son sus principales causas y analizar el motivo de las mutaciones del estado del agua.

Anyanwu *et al.*, (2019) en su investigación MAB como bioindicadores de calidad del agua del efluente que recibe el río Ossah, Umuahia, Sudeste de Nigeria, evaluaron la distribución y su diversidad de especies de macroinvertebrados en relación con los factores estresantes antropogénicos y la calidad del agua, utilizando la técnica del barrido para la captura de individuos, encontrándose cinco grupos taxonómicos y 20 taxones; con 119 especímenes de macroinvertebrados, determinándose que los valores de los parámetros evaluados y la fauna de macroinvertebrados registrados en el río Ossah, eran adversamente impactado, en la estación uno y dos por el efluente de un aceite vegetal y por las actividades antrópicas.

Núñez y Fragoso (2019), determinaron el estado ecológico del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos, para la colecta de estos utilizaron una red de tipo D-net (300 µm). Reportaron un total de 722 individuos, 439 en época de lluvias y 283 en estiaje, pertenecientes a dos *phylum*, cinco clases, 11 órdenes y 20 familias, determinándose que la calidad de aguas en periodo de lluvias son aguas limpias de leve contaminación y para la de estiaje hubo mayor presencia de contaminantes evidenciándose como un agua muy crítica.

2.1.2. A nivel nacional

Bullón (2016), realizó la calificación el estado ecológico del agua de la hoya del río Perene, Chanchamayo mediante índices bióticos. La población estuvo conformada por un total de 456 individuos, teniendo como muestra los macroinvertebrados recaudados en las nueve estaciones de muestreo, concluyendo que existe afectación de la calidad del agua por Coliformes Termotolerantes según los estándares de calidad ambiental (ECA). Asimismo, los análisis realizados muestran que supera los límites de SST, esto se debió a las presiones relevantes que se practican en las actividades humanas en el área. En el contexto da a entender, que la utilización de macroinvertebrados bentónicos constituye un método alternativo al análisis fisicoquímico, además ambos métodos se puede detectar el estado actual de la calidad del agua.

Gallozo y Yauri (2017), en su investigación determinaron la calidad del agua mediante los macroinvertebrados acuáticos, nutrientes y su correspondencia con los metales pesados, consideraron ocho estaciones de muestreo del río Yanayacu. Evidenciándose que en toda la época de monitoreo en los puntos uno, dos, tres y cuatro del río Yanayacu, sus aguas se encuentran muy contaminadas y en el punto cinco, seis y siete sus aguas califican como aguas de buena calidad.

García (2016), en su investigación determinó la variabilidad de individuos acuáticos en la parte alta del río Chillón, mediante la utilización de bioindicadores para estimar el estado ecológico del agua, concluyendo que la variación altitudinal influye sobre los esquemas de riqueza, abundancia y distribución de los macroinvertebrados, analizándose en forma porcentual permitiéndole la identificación de individuos taxonómicos que tuvieron más capacidad de adaptación, destacando a la familia *Orthocladinae* (*Chironomidae*, *Diptera*). En el contexto de la tesis citada, da a entender que la gradiente altitudinal representa de manera significativa la presencia de macroinvertebrados bentónicos, debido a las tipologías del clima y la fisicoquímica del agua.

Pascual *et al.* (2019), evaluó los macroinvertebrados acuáticos y realizó pruebas toxicológicas para determinar el estado ecológico del agua y la sedimentación del río Rímac. Para la recolección de individuos empleó una red surber, realizando los muestreos en época de avenida y calor, las muestras fueron colectadas en sustratos de piedra mediana localizadas en aguas corrientes, fijados en alcohol de 80°. Determinó que el río Rímac se encuentra altamente contaminado por los diferentes vertimientos a sus aguas.

2.1.3. A nivel regional

Palomino (2016), en su estudio macroinvertebrados acuáticos considerando la calidad del agua en el río Mashcón, registró 1091 individuos pertenecientes a 7 órdenes y 17 familias, donde 14 pertenecen a familias de insectos, por lo que la colección con considerable cantidad en las cinco estaciones de muestreo; evidenciando que en las estaciones uno y dos hubo una mayor cantidad de la familia *Chironomidae*, que son considerados como indicadores de mala calidad.

Muñoz (2016), en su análisis se caracterizó físicoquímica y biológicamente las aguas del río grande Celendín – Cajamarca, determinó en una estación (Chupset) un estado ecológico bueno, la estación dos (El Gaitán) una regular calidad, en la estación tres (Shuitute), cuatro (Los Pauros) y cinco (Llanguat) presentaron un estado ecológico malo en el río Grande.

Flores y Huamantínco (2017), en su estudio sobre el desarrollo de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca Jequetepeque, evaluaron la eficacia de un instrumento de cuidado ambiental ciudadano, para áreas con riesgo de contaminación minera. Demostrando un estado ecológico del agua de buena calidad.

Romero y Tarrillo (2017), evaluaron el estado ecológico del agua con macroinvertebrados bentónicos en la quebrada Chambag de la provincia de Santa Cruz- Cajamarca; mediante el índice de evaluación de hábitat fluvial (IHF), índice grupo de trabajo de seguimiento biológico (BMWP) y el índice biótico andino (ABI), determinando su baja calidad.

2.1.4. A nivel local

Sánchez (2018), evaluó el estado ecológico del agua utilizando índices bióticos BMWP, ETP, variedad, equidad, riqueza, dominancia, la densidad y grupos tróficos de MAB, concluyó que el estado ecológico del agua del índice BMWP en el tramo del río Chotano es dudosa con contaminación moderada aguas arriba y aguas muy contaminadas aguas abajo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Índices de calidad de agua (ICA)

La estimación valorativa del estado ecológico acuífero necesita de las propiedades físicas, químicas y biológicas en concordancia con su naturalidad del recurso hídrico, efectos humanos y usos posibles (Prat, 1998); para facilitar el análisis de su vigilancia, existen índice de calidad de agua (ICA) e índice de contaminación (ICO), que reduce una afluencia de parámetros a una frase simple de fácil análisis entre directivos ambientales, técnicos y población en su conjunto (Domínguez y Fernández, 2009); la diferencia entre investigadores está en la manera de evaluar el número de variables y los procesos de contaminación, tenidas en cuenta en la formulación del índice evaluado; asimismo, un ICA debe entender la composición de las mediciones de algunos parámetros y teniendo cada día más aceptación de uso para la identificación de las tendencias en la calidad del agua (Samboni *et al.*, 2007) citado por (Torres *et al.*, 2009).

2.2.2. Evolución del desarrollo del índice de calidad de agua

Los ensayos para elaborar un índice que apruebe evaluar la calidad del recurso hídrico tienen abundante historia. Las investigaciones datan desde Alemania y países europeos que ha logrado desarrollar métodos selectivos para catalogar las aguas. No obstante, el desarrollo de los índices de calidad biológica del agua con el soporte de estimaciones numéricas para conferir una progresión de la calidad en una graduación continua, es limitadamente reciente (Torres *et al.*, 2009).

2.2.3. Importancias ecológicas de los macroinvertebrados dulceacuícola

Springer *et al.* (2010) indican que los individuos acuáticos juegan un rol muy importante entre las técnicas ecológicas de los sistemas hídricos. De forma vigorosa las series alimenticias bentónicas de los niveles tróficos se basan en material nativo producido por el consumo de gran cantidad de algas o bien por material exótico y otros microorganismos asociados con el perifiton y con el plancton que son provenientes de afuera e ingresan al sistema acuático agrandando de esta manera la producción primaria de material orgánico que favorece a individuos como los recolectores y filtradores, éstos últimos especialmente las larvas de la familia *Simuliidae*, producen partículas fecales pesadas que sirven de alimento de otros seres que no necesariamente son del mismo hábitat tal como lo confirma el mismo autor.

2.2.4. La contaminación correspondida con la calidad del agua

Londoño (2002), menciona que la contaminación de cualquier medio es una alteración de su habitat natural provocado por un elemento externo, esta alteración puede ser causada de forma natural, por ejemplo, gases, líquidos que provienen de la naturaleza, inundaciones, etc. La evaluación de la calidad del agua es la estimación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas en relación con su naturalidad del recurso hídrico, efectos humanos y usos posibles. Habitualmente se considera contaminación a cualquier derrame o vertido de sustancias al recurso hídrico por actividades antrópicas en cantidades que afecten su salud o destruyan los ecosistemas.

2.2.5. Macroinvertebrados bentónicos

Los macroinvertebrados bentónicos también son denominados como insectos acuáticos, macroinvertebrados acuáticos e insectos dulceacuícolas. Para Springer *et al.* (2010) los macroinvertebrados son individuos acuáticos que se puede observar y capturar sin el uso de lupas mediante un tamiz de malla de diámetro promedio 125µm. Asimismo, Tercedor *et al.* (2005) definen que son relativamente de una longitud

visible que se puede ver a simple vista, normalmente son mayores a 3 mm, y no menor a 0.5 mm, perciben especialmente: artrópodos arácnidos, crustáceos e insectos; predominando los insectos en su condición larvaria; además concurren: oligoquetos, moluscos e hirundinos con pequeña asiduidad celentéreos, briozoos o platelmintos. Alva (s. f.) define que los macroinvertebrado bentónicos son aquellos individuos invertebrados que se encuentran en el agua y que son considerables en tamaño como para ser retenidos por redes de malla de 250 μm .

2.2.6. Bioindicadores o indicadores biológicos

Echverry y Londoño (2011), mencionan que es un indicador consistente en una variedad vegetal, hongo o animal, cuyo estado nos brinda información referente a ciertas particularidades ecológicas, es decir físico-químicas, microclimas, biológicas y funcionales, del medio ambiente, referente al impacto de algunas prácticas. Son utilizadas para la evaluación ambiental como la exploración del medio, eficiencia, medidas compensatorias y restauradoras. Asimismo, Castro *et al.* (2014) señalan que los indicadores surgen como objeción a la exigencia de conseguir exploración importante sobre diferentes tópicos climáticos; los valores emanados pueden mostrar una forma que admita su análisis y que sea propicia para la utilidad estadística. La determinación de la pureza de agua, se realiza mediante el análisis de indicadores, mencionados en diferentes unidades, comportamiento y distintos rangos relacionados a la concentración-impacto (Rodríguez *et al.*, 2016).

2.2.7. Índices bióticos

Pimentel (2014), indica que los índices bióticos simbolizan el modo más fácil de estimar la calidad ecológica del recurso hídrico mediante una singularidad importante de la comunidad, siendo el número taxonómico el más usado, la cual responde a las perturbaciones que desee estudiar. Asimismo, los índices se encuentran establecidos en valores numéricos de sensibilidad o tolerancia de calidad ambiental, estos índices están registrados a nivel de familia, dando respuesta a las diferentes

alteraciones denotando un aumento o decrecimiento de tales características (Acosta *et al.*, 2009).

a) Índice biótico andino (IBA)

Ingaluque (2017), indica que el IBA, es un planteamiento de índice biótico cualitativo experimentado para la producción de análisis de huellas ambientales y análisis ecológicos; considerado también como acomodación del grupo de trabajo de seguimiento biológico para ríos de zonas con altitudes mayores a 2000 m.s.n.m. que cuenta con un registro taxonómico de macroinvertebrados bentónicos para esta región (Acosta *et al.*, 2009).

b) Índice grupo de trabajo de vigilancia biológica (BMWP)

El índice BMWP cuyo representante Armitage evaluó el estado ecológico del agua en ecosistemas acuáticos de Gran Bretaña; permitiéndole afirmar que solo se usan datos cualitativos de ausencia o presencia para determinar la familia (Pérez, 2003), de modo que, no tiene en consideración su abundancia, eludiendo el sesgo desencadenado por familias abundantes (Pimentel, 2014).

2.2.8. Estándar de calidad ambiental (ECA)

El MINAM, (2016) manifiesta que un indicador de calidad ambiental estima el grado de concentración, expresado en máximos o mínimos, de iones, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, encontrados en el aire, agua o suelo, en su situación de cuerpo receptor, que no simboliza alto riesgo para la salud de la población ni del medio ambiente. El MINAM aprueba los estándares de calidad ambiental para agua según el DS N° 004-2017-MINAM. Ver Tabla 3.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Bentónico

Individuos que habitan en un medio acuático (ríos, lagos, lagunas, océanos) que se transportan desde la superficie hasta las partes más hondas (MINAM, 2016).

2.3.2. Calidad de agua

Warren (1971), se define como cualquier término fijado de cambio o alteración en base a datos científicos, pues el uso del recurso hídrico por el hombre y organismos vivos no genera efectos adversos a la salud (como se citó en Sánchez, 2015).

2.3.3. Cuenca

Gálvez (2012), define a la cuenca como un sistema integrado por ríos secundarios que desembocan en el río principal.

García (2015), es un área de captación natural y concentración del agua de precipitación de las lluvias en la que interactúan asentamientos humanos, recursos naturales dentro de múltiples vínculos, donde los cuerpos de agua se manifiestan como un elemento concluyente.

2.3.4. Parámetros fisicoquímicos

Brindan una información amplia del carácter de las propiedades fisicoquímicas del agua, sin proporcionar referencias de su predominio en la vida acuática (Samboni *et al.*, 2007).

Payeras (2013), define a los parámetros fisicoquímicos: (pH, conductividad, nitratos) en los siguientes acápite:

a). pH

Es la medición de la concentración de iones hidronio en grados de alcalinidad o acidez de una solución acuosa.

b). Conductividad eléctrica

Es cuando las sustancias acuosas pueden transportar electricidad.

c). Nitratos (NO_3^-)

Se encuentra ionizado formando sales solubles e invariables. Se puede reducir nitritos, nitrógeno e incluso amoníaco en ambientes reductores.

d). Temperatura

Mide sensaciones de frío y calor en los cuerpos de agua, influyendo en el retardo o aceleración del dinamismo biológico (Barrenechea, 2004).

2.3.5. Recurso hídrico

Porto y Merino (2016), definen como cuerpos de agua que preexisten en el medio ambiente, encontrándose ríos hasta los océanos atravesando por arroyos, lagunas y lagos.

2.3.6. Diversidad biológica

Considerada como la variación de organismos vivos de cualquier manantial, contenidos en los ecosistemas terrestres, marinos y la biodiversidad ecológica de los que forman parte; incluye gran variedad de especies en los ecosistemas (MINAM, 2016).

2.3.7. Punto de muestreo

Área establecida del suelo donde se recolectan muestras superficiales o profundas (MINAM, 2016).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

El río Yanayacu tiene su origen en el cerro Clarinorco en la comunidad de Castorcancha provincia de Chota-Cajamarca a una altitud de 2810 m.s.n.m. describe un recorrido de sur a norte para desembocar en el río Yuracyacu. Cuenta con un área de drenaje de aproximadamente de 2651 m² de cauce principal, recorriendo una distancia total de 2.5 km². Las aguas del río en parte son desviadas para abastecer con agua potable a la misma comunidad y en épocas de estiaje son desviadas a través de un canal para el riego de pastos naturales y cultivos agrícolas. Este trabajo de investigación se realizó en el río Yanayacu en las comunidades de Castorcancha, Cabracancha y Agua Blanca, con tres estaciones de muestreos para la recolección de macroinvertebrados.

3.1.1. Vías de acceso

El acceso al río Yanayacu es por trocha afirmada desde la ciudad de Chota hasta la comunidad de Castorcancha. El tiempo de desplazamiento en movilidad es de 30 minutos.

3.1.2. Climatología

SENAMHI (2019), indica que el área de investigación abarca dos estaciones marcadas, una en época de estiaje desde la quincena de abril hasta medio mes de octubre y otra en época de avenida, desde la quincena de octubre hasta medio mes de abril. Durante el transcurso del año, la temperatura más alta es en el mes de noviembre 26.6 °C; la más baja se da en julio 12.6°C; y llueve con mayor intensidad hasta la quincena de abril.

3.1.3. Vegetación

La vegetación predominante en el área de estudio es de tipo herbácea, se caracteriza por presentar una altura 10 a 15 cm, las familias predominantes de las especies herbáceas son: heno (*Tillandsia usneoides*), trébol (*Trifolium repens*) y grama (*Cynodon dactylon*).

3.1.4. Tipo de actividades

Dentro de las principales actividades económicas que realizan los habitantes en las comunidades de Castorcancha, Cabracancha y Agua Blanca, es la agricultura, debido a su producción agrícola, se destaca por la siembra de papa, maíz, arveja, haba, lenteja, hortalizas, etc. Además, se dedican a la crianza de cuyes, ganado vacuno, porcino, ovino.

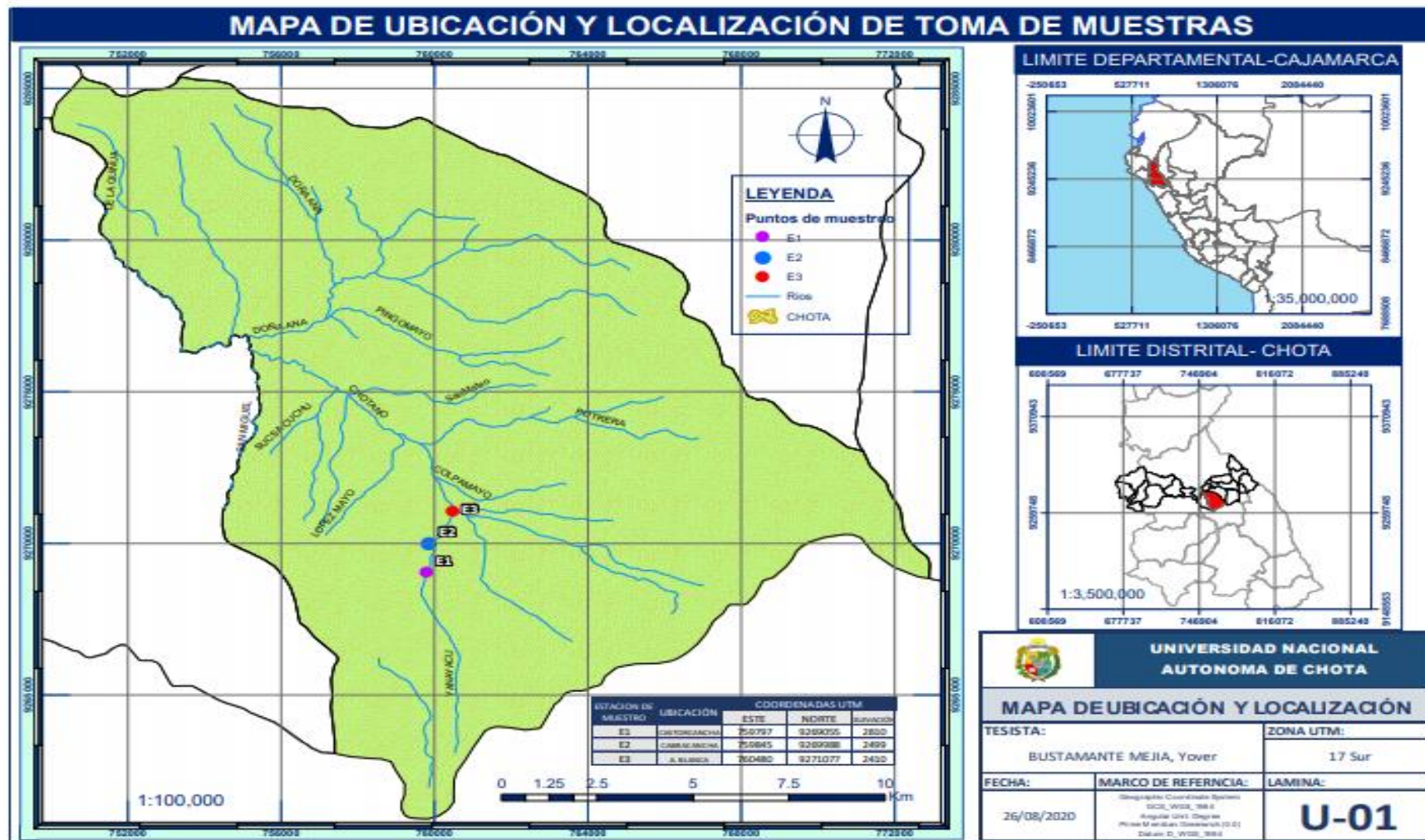


Figura 1. Ubicación del río Yanayacu.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Se estableció a los macroinvertebrados presentes en los 2.5 km de longitud del río Yanayacu desde la comunidad de Castorcancha hasta Agua Blanca.

3.2.2. Muestra

La muestra estuvo determinada por el total de macroinvertebrados recolectados durante los tres meses de monitoreo en las tres estaciones después de un muestreo no probabilístico por conveniencia, siendo luego separados e identificados a nivel de familia usando claves taxonómicas, las muestras fueron recolectadas siguiendo el protocolo de GUADALMED (prece).

a). Variables dependientes

- Calidad de agua.

b). Variables independientes

- Macroinvertebrados bentónicos.
- Parámetros fisicoquímicos.

3.3. Equipos, materiales e insumos

3.3.1. Equipos y materiales

a). Materiales para el muestreo fisicoquímico

- Equipo multiparamétrico.
- Agua destilada.
- GPS.
- Frascos para la muestra de agua.

b). Materiales para el muestreo biológico

- Red tipo D-net (300 μ m).
- Tenazas entomológicas.
- depósitos de plástico.
- Lupa estereoscópica.

- Etanol de 96°.

c). Equipos de protección personal

- Guantes talla M.
- Mascarillas.
- Botas.
- Trapo o toalla.

3.2.2. Materiales e insumos

a). Materiales e insumos básicos

- Papel bond A4.
- Mapas.
- Fichas de campo.
- Plumón indeleble.
- Libreta de apuntes.
- Borrador.
- Lápiz.
- Servicio de internet.
- Impresiones.
- Lapiceros.
- Tajador.
- Cámara digital.
- Copias.

b). Materiales e insumos básicos

- Correntómetro
- Cinta métrica.
- Regla o tabla de madera graduada.
- Cuerdas.
- Estacas y machetes.

3.4. Metodología de la investigación

El estudio fue de tipo descriptivo (no experimental), longitudinal. El desarrollo metodológico para la ejecución de la investigación en el río Yanayacu se dividió en tres fases: fase de precampo, campo y postcampo. En la Figura 2, se observa el bosquejo metodológico de la exploración.

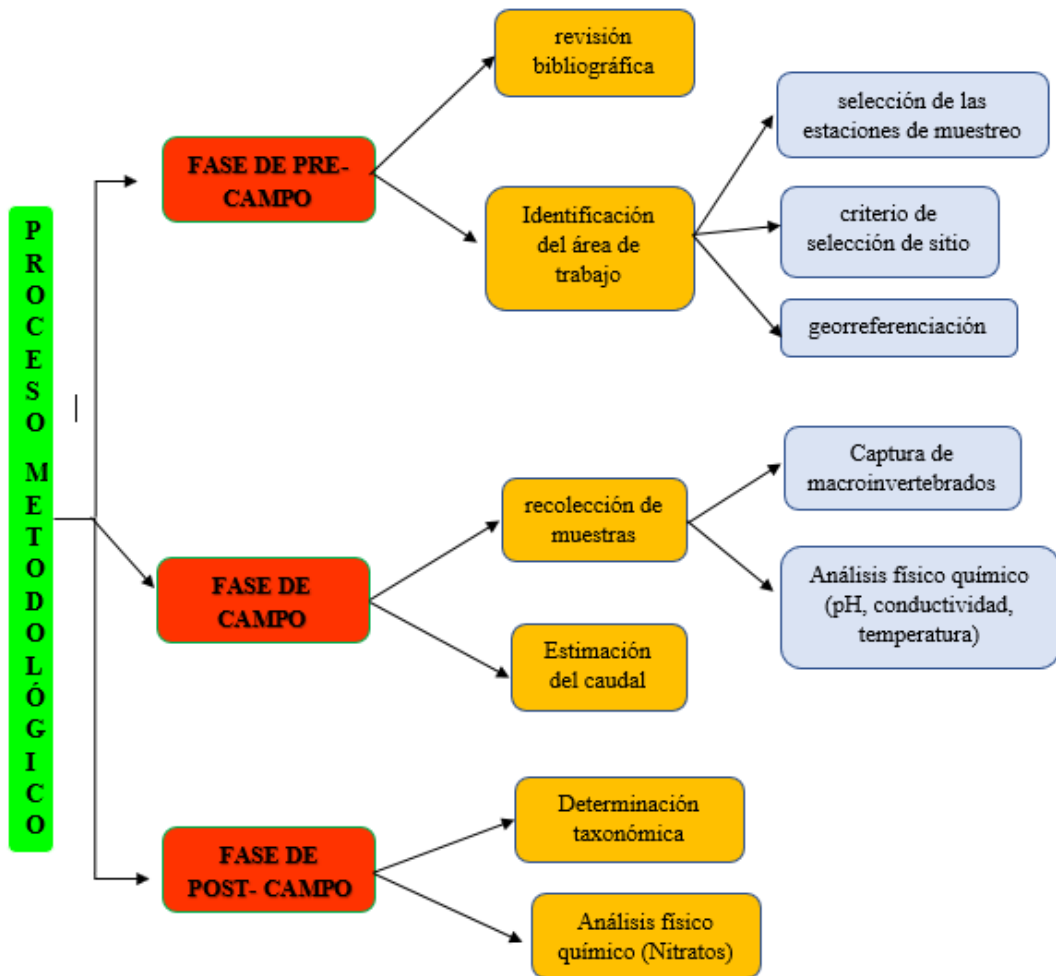


Figura 2. Esquema metodológico de la investigación.

3.4.1. Fase de precampo

a). Revisión bibliográfica

En esta fase se realizó la indagación de información bibliográfica relacionado a estudios de calidad de agua utilizando los métodos BMWP, ABI; también se realizó análisis de fotografías aéreas.

b). Identificación del área de trabajo

Se identificó las estaciones de seguimiento para la toma de muestras, para estimar el estado ecológico del agua según los MAB y variables fisicoquímicas. Seleccionando estaciones de muestreo teniendo en cuenta, la distancia del río, accesibilidad y el lugar donde se genera mayor impacto. En el anexo 01, se muestra la georreferenciación de las mismas.

Los muestreos de macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos se ejecutó en los meses septiembre a noviembre del 2019. La recolección de los macroinvertebrados, se efectuó con un tamiz tipo D-net (300 μm) en todos los hábitats posibles, siguiendo el protocolo GUADALMED (PRECE) (Jáimez *et al.*, 2002). Se catalogó la calidad de agua se utilizó los fundamentos del índice biótico andino IBA e índice grupo de trabajo de seguimiento biológico. En la Tabla 1, se muestra la localización referencial de las estaciones de muestreo, elevación y coordenadas UTM.

Tabla 1

Puntos de estaciones para el muestreo, elevación y coordenadas UTM

Estación de muestreo	Localización referencial	Altura (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM	
			Este	Norte
E1	Comunidad de Castorcancha	2810	759797	9269055
E2	Comunidad de CabracanCHA	2499	759845	9269988
E3	Comunidad de Agua Blanca.	2410	760480	9271077

E1: Castorcancha, E2: CabracanCHA, E3: Agua Blanca.

Tabla 2

Características del tiempo en los días de muestreo SENAMHI (2019)

Fecha	Estado de tiempo
Septiembre	En septiembre el estado del tiempo para Chota fue de estiaje; y en los meses anteriores hubo escasa precipitación. El día de recolección de muestras se presentó un día soleado.
Octubre	A mediados de octubre se inició la época de lluvia. Para esta toma de muestras se presentó un día soleado, aunque en los días anteriores hubo presencia de lluvias fuertes y por ende aumentó el caudal. En la estación dos se encontró presencia de ganado vacuno.
Noviembre	El día de la toma de las muestras se presentó un clima soleado por la mañana y pequeña llovizna por la tarde.

3.4.2. Fase de campo

a) Recolección de las muestras

- **Muestreo de macroinvertebrados bentónicos.** Se establecieron tres puntos de muestreos en el río Yanayacu, georreferenciados en UTM con un GPS, para los tres puntos de muestreo se tuvo en cuenta el criterio técnico (R. J. N.º 010 2016) y las consideraciones previas para la instalación de las estaciones de muestreo del formulismo de evaluación de la probidad ecológica (Acosta *et al.*, 2009). Los puntos de muestreo establecidos dependieron de la longitud del río, localización en puntos estratégicos donde se genera mayor impacto y la accesibilidad. La recolección de los taxones se efectuó colocando la malla contra la corriente mezclando el sustrato desde aguas abajo hacia aguas arriba, usando una red de mano “D-net”, con malla nylon de 300 µm y de 30 cm de diámetro, durante 30 minutos por cada estación de muestreo (Jáimez *et al.*, 2002). En el Anexo 02, se muestra la captura de macroinvertebrados bentónicos.

Los individuos colectados se colocaron en depósitos blancos de plástico (Anexo 03); adicionando alcohol al 96 %. La aprehensión de los diferentes macroinvertebrados se hizo con el apoyo de tenazas entomológicas.

- **Muestreo fisicoquímico.** La evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos (Anexo 04) se realizó *in-situ*, tomando medidas del potencial de hidrógeno, conductividad, temperatura; estos parámetros fueron medidos con el equipo multiparamétrico (Anexo 05). Mientras que la evaluación del parámetro químico de nitrato se realizó en el laboratorio (Anexo 08); para ello se colectó las muestras de agua para sus análisis correspondientes (Anexo 07). Por consiguiente, se eligieron zonas en la que el agua estuvo bien homogénea, los parámetros estimados son: pH, conductividad, T° y nitratos.

b). Medición del caudal

Se midió el caudal con un correntómetro para cuantificar la velocidad de la corriente de agua desde el mes de septiembre hasta noviembre del 2019, se realizó la medición del ancho superficial del río, la profundidad en varios puntos y las mediciones de la velocidad. En el Anexo 09, se observa la medición del caudal.

Para realizar una adecuada medición del caudal se eligió la parte más uniforme del río, en un tramo recto, de fácil acceso, y sin mucha turbulencia. Posteriormente se eliminó todos los residuos, piedras o algún otro material para facilitar el trabajo.

Para valorar el caudal del río Yanayacu se tuvo en cuenta el manual de medición de caudales, por el método sección-velocidad (Alvarado, 2017).

Metodología de aforos adoptada por ICC (método sección- velocidad)

Alvarado (2017) indica que la metodología descrita en los siguientes acápite consiste fundamentalmente en medir en varios

puntos la velocidad de la sección transversal de una corriente. Además de establecer secciones a través de la medición de profundidades en el ancho del río.

$$Q=A*V$$

En la que:

Q= Caudal del agua ($m^3/s*1000=l/s$)

A= Superficie de la porción perpendicular, en m^2

V= Celeridad promedio del agua, en m/s

Anteriormente a la evaluación de la superficie de la sección y la velocidad fue obligatorio realizar los subsiguientes pasos:

a. Delimitación del área de la sección

- Se midió el ancho superficial del río.
- Se dividió en cuatro partes.
- Se midió la profundidad del agua para cada faja

El caudal total del río se alcanzó de la suma de los caudales de cada sección. En la Figura 3 se observa la medición de la velocidad en varios puntos de la sección transversal de una corriente de agua.

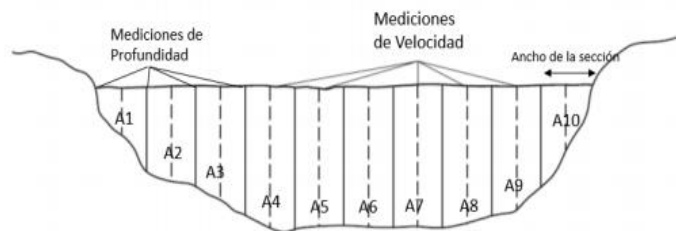


Figura 3. Cálculo de la velocidad en varios puntos de la sección perpendicular de una corriente.

b. Determinación de la velocidad por medio del molinete

Para la determinación de la velocidad del caudal se colocó el correntómetro en la parte media de la corriente de agua por un tiempo de 30 a 50 segundos, expresando de manera automática la velocidad en metros/ segundo.

3.4.3. Fase de postcampo

a). Determinación taxonómica

La identificación de macroinvertebrados a nivel de familia se realizó en laboratorio de la UNACH con la ayuda de un estereoscopio (Anexo 10). Los especímenes se agruparon en familias en base a las características externas visibles a través de una lupa estereoscópica. Para la identificación de especímenes utilizamos claves taxonómicas de (Roldán, 1988); (Domínguez *et al.*, 1994). Asimismo, para la estimación de la calidad del agua se empleó el índice biótico andino y el BMWP.

- **Índice biótico andino (IBA)**

Para computar el índice IBA se asignó valores de tolerancia de 1 a 10 a las familias de macroinvertebrados encontrados, siendo el 1 de menor tolerancia y el 10 de mayor tolerancia (Figura 5), para luego realizar una adición total de las familias indicándonos finalmente los horizontes de calidad. Para determinar el estado ecológico se comparó con los rangos establecidos para el IBA (Figura 4).

Rangos	Estado ecológico
>74	Muy Bueno
45-74	Bueno
27-44	Moderado
<27	Malo
<11	Pésimo

Figura 4. Clasificación del estado ecológico según rangos del IBA en el Perú (Acosta *et al.*, 2009).

Orden	Familia	IBA	Orden	Familia	IBA
<i>Turbellaria</i>		5		<i>Xiphocentronidae</i>	8
<i>Hirundinea</i>		3		<i>Hydrobiosidae</i>	8
<i>Oligochaeta</i>		1		<i>Glossosomatidae</i>	7
	<i>Ancylidae</i>	6	<i>Leptodoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	5
	<i>Physidae</i>	3		<i>Anomalopsychidae</i>	10
Gastropoda	<i>Hydrobiidae</i>	3		<i>Philopotamidae</i>	8
	<i>Limnaeidae</i>	3		<i>Limnephilidae</i>	7
	<i>Planorbidae</i>	3		<i>Pyralidae</i>	4
<i>Bivalvia</i>	<i>Sphaeriidae</i>	3		<i>Ptilodactylidae</i>	5
<i>Amphipoda</i>	<i>Hyalidae</i>	6		<i>Lampyridae</i>	5
<i>Ostracoda</i>		3		<i>Psephenidae</i>	5
<i>Hydracarina</i>		4		<i>Scirtidae</i>	5
	<i>Baetidae</i>	4		<i>Staphylinidae</i>	3
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	10	<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	5
	<i>Leptohyphidae</i>	7		<i>Dryopidae</i>	5
	<i>Oligoneuridae</i>	10		<i>Gyrinidae</i>	3
	<i>Aeschnidae</i>	6		<i>Dytiscidae</i>	3
	<i>Gomphidae</i>	8		<i>Hydrophilidae</i>	3
	<i>Libellulidae</i>	6		<i>Hydraemidae</i>	5
<i>Odonata</i>	<i>Coenagrionidae</i>	6		<i>Blepharoceridae</i>	10
<i>Plecoptera</i>	<i>Calopterygidae</i>	8	<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	5
	<i>Polythoridae</i>	10		<i>Tabanidae</i>	4
	<i>Perlidae</i>	10		<i>Tipulidae</i>	5
	<i>Gripopterygidae</i>	10		<i>Limonidae</i>	4
<i>Heteroptera</i>	<i>Vellidae</i>	5		<i>Ceratopogonidae</i>	4
	<i>Gerridae</i>	5		<i>Dixidae</i>	4
	<i>Corixidae</i>	5		<i>Psychodidae</i>	3
	<i>Notonectidae</i>	5		<i>Dolichopodidae</i>	4
	<i>Belostomatidae</i>	4		<i>Stratiomyidae</i>	4
	<i>Naucoridae</i>	5		<i>Empididae</i>	4
	<i>Helicopsychidae</i>	10		<i>Chironomidae</i>	2
	<i>Calamoceratidae</i>	10		<i>Culicidae</i>	2
<i>Trichoptera</i>	<i>Odontoceridae</i>	10		<i>Muscidae</i>	2
	<i>Leptoceridae</i>	8		<i>Ephydriidae</i>	2
	<i>Polycentropodidae</i>	8		<i>Athericidae</i>	10
	<i>Hydroptilidae</i>	6		<i>Syrphidae</i>	1

Figura 5. Puntuaciones asignadas de tolerancia de las familias de macroinvertebrados según índice biótico andino IBA (Ríos *et al.*, 2014).

- **Grupo de trabajo de seguimiento Biológico (BMWP)**

Álvarez y Pérez (2007) explican como calcular el índice BMWP estableciendo valores de tolerancia del 1 al 10 a las familias de los macroinvertebrados encontrados, los valores que se acerca al 1 indica de menor tolerancia y los valores que se acercan al 10 de mayor tolerancia (Figura 7), al último el resultado es la adición total de las familias encontradas, mostrándonos los niveles de calidad de agua. Para determinar el estado ecológico se comparó con los rangos establecidos para el BMWP (Figura 6).

Su representación está dada:

$$BMWP=T1+T2+T3+T4$$

Donde:

BMWP= Categorías de calidad de agua.

T = Nivel de tolerancia.

1, 2, 3...n = Familia.

Estado ecológico	Calidad	IBMWP	Color
Muy Bueno	Buena. Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible.	≥ 101	Azul
Bueno	Aceptable. Son evidentes algunos efectos de contaminación.	61-100	Verde
Aceptable(=Moderado)	Dudosa. Aguas contaminadas.	36-60	Amarillo
Deficiente	Crítica. Aguas muy contaminadas	16-35	Naranja
Malo	Muy crítica. Aguas fuertemente contaminadas.	<15	Rojo

Figura 6: Tipificación de la calidad del agua según el índice BMWP (Jáimez *et al.*, 2002).

Familias	Puntaje (BMWP)
<i>Helicopsychidae, Calamoceratidae, Odontoceridae, Anomalopsychidae, Blepharoceridae, Polythoridae, Perlidae, Gripopterygidae, Oligoneuridae, Leptophlebiidae, Athericidae, Ameletidae, Trycorythidae.</i>	10
<i>Leptoceridae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae, Gomphidae, Calopterygidae.</i>	8
<i>Glossosomatidae, Limmophilidae, Leptohyphidae.</i>	7
<i>Ancylidae, Hydroptilidae, Hyalellidae, Aeshmidae, Libellulidae, Corydalidae, Coenagrionidae, Pseudothelphusidae (Decapoda).</i>	6
<i>Turbellaria, Hydropsychidae, Ptilodactylidae, Lampyridae, Psephenidae, Scirtidae (Helodidae), Elmidae, Dryopidae, Hydraenidae, Veliidae, Gerridae, Simuliidae, Corixidae, Notonectidae, Tipulidae, Naucoridae, Hydrochidae, Planaridae, Amphipoda.</i>	5
<i>Hydracarina, Baetidae, Pyralidae, Tabanidae, Belostomatidae, Limoniidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Dolichopodidae, Stratiomidae, Empididae, Curculionidae.</i>	4
<i>Hirudinea, Ostracoda, Physidae, Hydrobiidae, Limnaeidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Staphylinidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Psychodidae, Hydrometridae, Mesovellidae, Psychodidae.</i>	3
<i>Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephydriidae, Gelastocoridae.</i>	2
<i>Oligochaeta, Syrphidae</i>	1

Figura 7. Valoraciones establecidas a las distintas familias de macroinvertebrados en ríos del norte del Perú BMWP (Polo *et al.*, 2014).

b). Estándares de calidad ambiental para agua de categoría 3

Una vez obtenido los valores de los parámetros fisicoquímicos se procedió a comparar con los Ecas para aguas de categoría 3, según el (DS 004, 2017) para evaluar si la calidad de agua es apta para su uso (Tabla 3).

Tabla 3

Clasificación de aguas según Categoría 3

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebidas de animales
Físicos- Químicos				
Conductividad	(μ S/cm)		2500	5000
Nitratos (NO ₃ -N) ⁺	mg/L		100	100
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH		6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3

Nota: obtenido del MINAM según (DS 004,2017).

3.5. Análisis estadístico

En la presente investigación los datos fueron analizados a través del método estadístico multivariado con el auxilio del paquete estadístico InfoGen (Balzarini y Rienzo, 2012). Para el análisis, los datos fueron estandarizados con media nula y varianza unitaria, posteriormente fueron sometidos al análisis de componentes principales (ACP); además se utilizó la correlación estadística de Pearson entre la cantidad de individuos de las familias encontradas y los parámetros fisicoquímicos.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Parámetros fisicoquímicos

Los muestreos ejecutados en las tres estaciones del río Yanayacu en los meses de septiembre a noviembre del año 2019, permitieron estimar los valores de los parámetros fisicoquímicos como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4

Valores de los parámetros fisicoquímicos del agua conseguidos de las estaciones de muestreo del río Yanayacu

Estación de muestreo	Fecha de muestreo	Parámetros Físico-Químicos			
		pH	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Nitratos (mg/L)
E 1	Septiembre 2019	7.83	320	14.67	4.43
	Octubre 2019	7.3	301	14.52	4.43
	Noviembre 2019	7.12	307	14.56	4.43
E 2	Septiembre 2019	8.28	293	15.92	4.43
	Octubre 2019	8.2	306	15.57	4.43
	Noviembre 2019	8.14	318	15.25	4.43
E 3	Septiembre 2019	8.3	279	16.42	4.43
	Octubre 2019	8.22	280	16.22	4.43
	Noviembre 2019	8.2	286	15.5	4.43

E1: Castorcancha, E2: CabracanCHA, E3: Agua Blanca.

pH: Potencial de hidrógeno; μS/cm: micro Siemens por centímetro; °C: Grado Celsius; mg/L: miligramo por litro.

Según Tabla 4, se registran los valores de la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Yanayacu para las diferentes estaciones de muestreo. Se puede observar los cambios y fluctuaciones de muestreo en los diversos puntos ubicados en las comunidades de Castorcancha, CabracanCHA y Agua Blanca en los meses de septiembre a noviembre del año 2019.

Tabla 5

Valores de pH obtenidas en las tres estaciones de muestreo

Potencial de hidrógeno (pH)			
Fecha de muestreo	Estación de muestreo		
	E1	E2	E3
Septiembre	7.83	8.28	8.3
Octubre	7.3	8.2	8.22
Noviembre	7.12	8.14	8.2

E1: Castorcancha, E2: Cabracancha, E3: Agua Blanca.

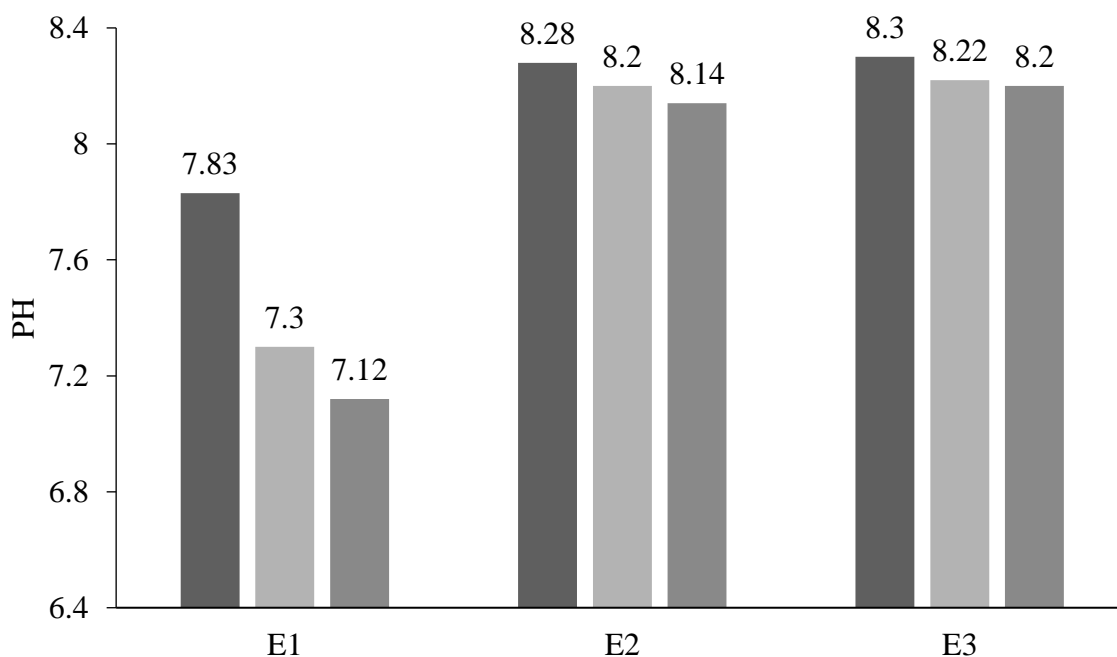


Figura 8. Tendencia del potencial de hidrógeno (pH) en el río Yanayacu.

En Tabla 5 y Figura 8, se aprecia que los valores de pH obtenidas en los meses de septiembre a noviembre del año 2019 oscilan entre un pH de 7.12 a 8.30, siendo el pH más elevado en la E3, seguido de la E2 y la E1. Los valores de pH obtenidas en las tres estaciones reflejan que en el primer muestreo resultaron ser más elevados, seguido del segundo muestreo y el tercer muestreo.

En este parámetro se observa que cuando aumenta el potencial de hidrógeno (pH) el total de familias de macroinvertebrados bentónicos también aumenta, concluyendo que

el número de familias de macroinvertebrados bentónicos depende del potencial de hidrógeno.

Con respecto al potencial de hidrógeno, fluctúa naturalmente entre un pH 7.12 y un pH de 8.30, en todas las estaciones de muestreo y en las distintas fechas de muestreo (Figura 8), ambas concentraciones se examinan dentro de los rangos implantados como aceptables en los Ecas, establecido para la categoría 3(DS 004, 2017).

La investigación coincide con lo descrito por Figueroa *et al.* (2003), que el número de familias de MAB aumenta exponencialmente cuando se encuentra en un pH neutro (7 a 7.5). Sin embargo, Molina *et al.* (2008) lo relacionan directamente al rango de temperatura adecuado y a las condiciones ambientales favorables, en cambio; Custodio y Chanamé (2016) establecen que la riqueza, abundancia y diversidad de macroinvertebrados bentónicos se debe al sector y la estación climática de muestreo.

Sin embargo, Cortés *et al.* (2019) en su estudio realizado en México menciona que: en la distribución de la riqueza taxonómica y la densidad de los MAB y su correspondencia con algunos elementos ambientales, estableció que la consistencia de los taxones está moderada por el pH y la temperatura.

Tabla 6

Resultados de conductividad obtenidas en las tres estaciones

Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			
Fecha de muestreo	Estación de muestreo		
	E1	E2	E3
Septiembre	320	293	279
Octubre	301	306	280
Noviembre	307	318	286

E1: Castorcancha, E2: Cabracancho, E3: Agua Blanca.

En los meses de septiembre a noviembre en las estaciones de muestreo revelan que los valores de conductividad se encuentran desde 279 hasta 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como se muestra en la Tabla 6, donde se mira las diferencias de los valores de la conductividad que entre cada estación son bajas; sin embargo, esta diferencia puede deberse a la ausencia de otros aniones o cationes que disminuyen la conductividad. Viéndose afectado este

parámetro por la diferencia de la temperatura (Tabla 6) y las incertidumbres correspondientes a la determinación, generándose efectos indirectos sobre la conductividad.

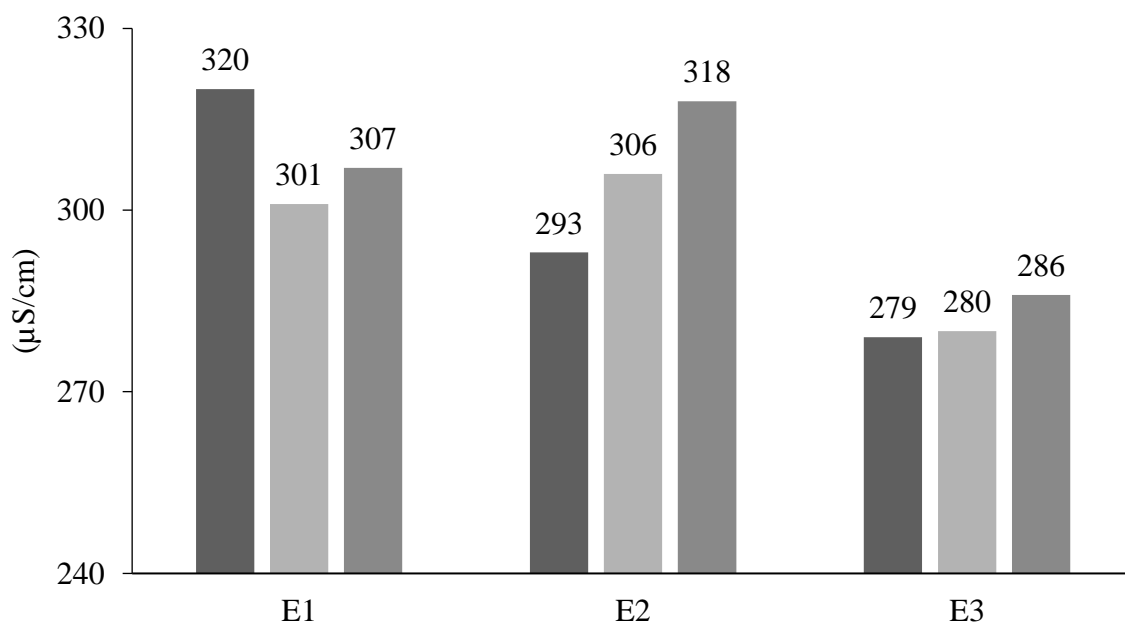


Figura 9. Tendencia de la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en el río Yanayacu.

En la gráfica de la Figura 9, nos muestran que los valores de conductividad resultaron ser más altos en el tercer muestreo, en la E1; fue $307 \mu\text{S}/\text{cm}$, en la E2 fue de $318 \mu\text{S}/\text{cm}$, y en la E3 fue de $286 \mu\text{S}/\text{cm}$; seguido del segundo muestreo la cual fue de $301 \mu\text{S}/\text{cm}$ en la E1, $306 \mu\text{S}/\text{cm}$ en la E2 y $280 \mu\text{S}/\text{cm}$ en la E3; y por último los valores de conductividad resultaron ser más bajos en el primer muestreo, en la E1; la cual fue $320 \mu\text{S}/\text{cm}$, en la E2 fue de $293 \mu\text{S}/\text{cm}$, y en la E3 fue de $279 \mu\text{S}/\text{cm}$. Esto indica que la temperatura del agua afecta a la conductividad, es decir que el muestreo uno realizado en el mes de septiembre hubo mayor temperatura del agua con relación al segundo y tercer muestreo, esto se debió a que se encontraba en una época de estiaje.

La variación de la conductividad eléctrica fluctúa entre $279 \mu\text{S}/\text{cm}$ (en la E3) y $320 \mu\text{S}/\text{cm}$ (en la E1), siendo todos sus valores menores 2500 y $5000 \mu\text{S}/\text{cm}$, señalado para la categoría 3 de los Ecas, esto indica que el agua es apta para la categoría 3 (DS 004, 2017). Un aumento de la conductividad eléctrica en la zona baja, disminuye la riqueza de taxones.

En este parámetro se observó que cuando hay aumento de la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), el número de macroinvertebrados bentónicos aumenta, concluyendo que el número de familias de macroinvertebrados bentónicos depende de la conductividad. Asimismo, Romero y Tarrillo (2017), indican que la relación de la conductividad y los macroinvertebrados bentónicos se muestran que cuando aumenta la conductividad aumenta los macroinvertebrados, dicho estudio concuerda con Romero y Tarrillo.

Tabla 7

Resultados de temperatura del agua obtenidas en las tres estaciones

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)			
Fecha de muestreo	Estación de muestreo		
	E1	E2	E3
Septiembre	14.67	15.92	16.42
Octubre	14.52	15.57	16.22
Noviembre	14.56	15.25	15.5

E1: Castorcancha, E2: CabracanCHA, E3: Agua Blanca.

Durante los tres meses de muestreo las estaciones E1, E2 y E3 presentan temperaturas que oscilan entre 14.52 -16.42 $^{\circ}\text{C}$, como se muestra en la Tabla 7. La E3 revela la mayor temperatura promedio de 16.05 $^{\circ}\text{C}$, seguido de E2 con 15.58 $^{\circ}\text{C}$ y la menor temperatura promedio se encontró en la E1 de 14.58 $^{\circ}\text{C}$. La diferencia estadística de este parámetro en los tres muestreos se ve reflejada directamente en la conductividad.

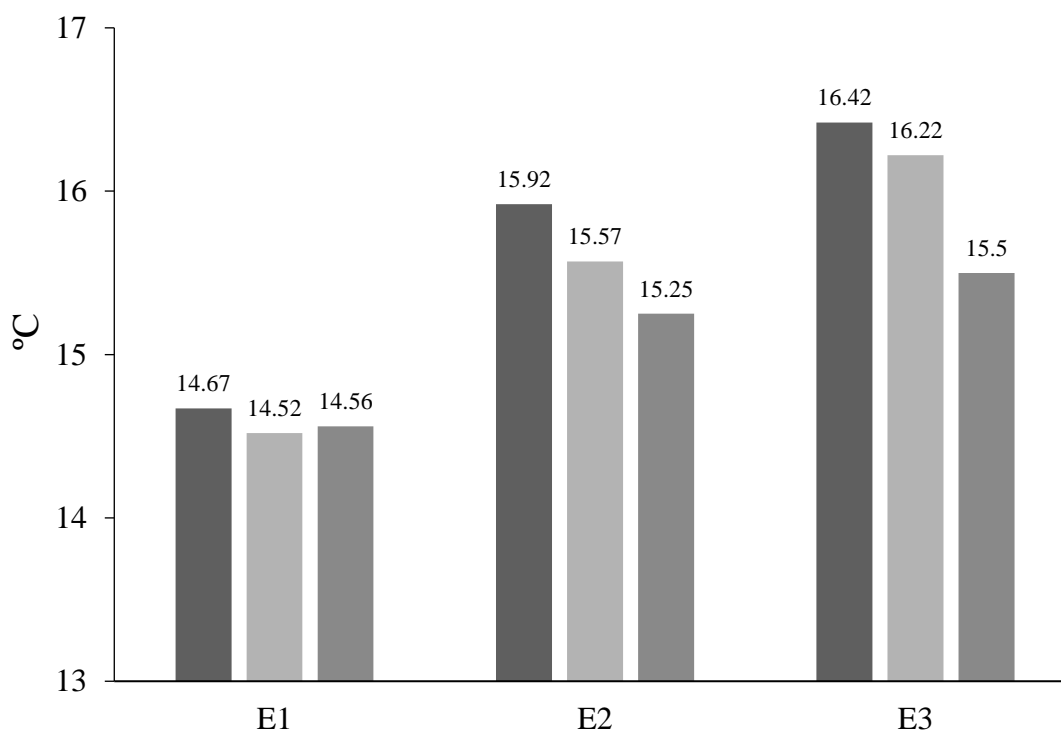


Figura 10. Tendencia de la temperatura (°C) en el río Yanayacu.

En la Tabla 7 y Figura 10, se verifica que en el mes de septiembre en la sierra norte del país se encuentra en una época de estiaje, en comparación de los meses de octubre y noviembre anualmente, en los que inicia la temporada de lluvias. Se observó temperatura del agua varía con la época del año y la altitud, cuanto mayor sea la altitud menor es la temperatura del agua. La diferencia de temperatura está ligada directamente a la altitud de la zona.

Con respecto a la temperatura, esta oscila entre 14.52 °C a la altura de Castorcancha y 16.42 °C a la altura de Agua Blanca, no se hallan valores de similitud instituidos en los Ecas (DS N.º 004-2017-MINAM), pero ambas variaciones son nativas y características propias del río Yanayacu y son temperaturas peculiares de esta área ecológica.

Rivera (2011), en su análisis demostró la relación significativa entre la conductividad y la temperatura y el desarrollo comunitario de los macroinvertebrados acuáticos mediante fluctuaciones de espacio y tiempo. Asimismo; Barrenechea (2004), afirma que la temperatura es de importancia en el agua y que influencia directamente en el retraso o aceleración del metabolismo biológico.

Del mismo modo Pareja *et al.* (2011), afirma que la temperatura alta afecta los esquemas de distribución de los macroinvertebrados en los suelos, teniendo en cuenta la época del año y la capacidad del suelo para retener agua y cobertura vegetal, estos se evidenciaron en los distintos puntos de muestreo donde la distribución de macroinvertebrados cambió el número a través del tiempo en relación a las condiciones climáticas en zonas de menor altitud hubo mayor presencia de familias, lo que demuestra que en sectores donde incrementa la temperatura del agua, el número de familias aumentan. Por otro lado, según Romero y Tarrillo (2017) señalan que a mayor temperatura menor fue el número de familias encontradas. Por lo que la investigación realizada concuerda con el estudio ejecutado por Romero y Tarrillo.

Tabla 8

Resultados de nitratos obtenidos en las tres estaciones de muestreo

Nitratos (mg/L)			
Fecha de muestreo	Estación de muestreo		
	E1	E2	E3
Septiembre	4.43	4.43	4.43
Octubre	4.43	4.43	4.43
Noviembre	4.43	4.43	4.43

E1: Castorcancha, E2: Cabracancha, E3: Agua Blanca.

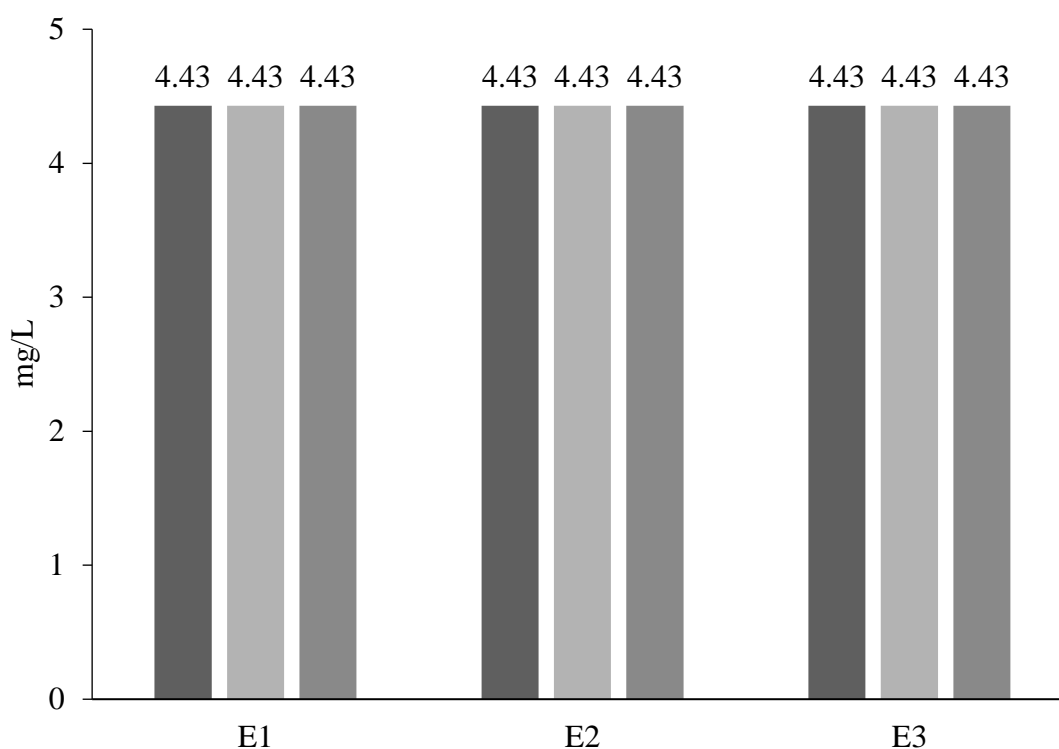


Figura 11. Tendencia de los nitratos en el río Yanayacu.

En el gráfico de la Figura 11, se contempló que los valores de los nitratos permanecieron constantes en las tres estaciones de muestreo, esto indica que los nitratos no influyen en el número de familias de los macroinvertebrados bentónicos.

Por otro lado, los nitratos en el río Yanayacu es de 4.43 mg/L en todas las estaciones de muestreo y en las distintas fechas de muestreo (Figura 11), siendo todos sus

valores menores 100 mg/L y encontrándose entre las clases establecidas como aceptables, para aguas de categoría 3 (DS 004, 2017).

Respecto a la correspondencia positiva entre las familias de macroinvertebrados y nitratos en el agua Rivera (2011) indica que existe un aumento del número de individuos, al incrementarse la concentración de nutrientes minerales necesarios para su desarrollo. Por otro lado, Romero y Tarrillo (2017) revelan que si los nitratos afectan negativamente el agua disminuye la población de macroinvertebrados, por lo que en el estudio realizado no se concuerda con los autores anteriores debido a que la presencia de nitratos eran mínima y la influencia indirecta en la presencia o ausencia de los macroinvertebrados.

4.2. Aforo de la corriente superficial del río Yanayacu

Los valores estimados del caudal del río Yanayacu en las tres estaciones de muestreo en época de calor y de avenida, según la tabla siguiente.

Tabla 9

Valores estimados del caudal del río Yanayacu

Fecha de muestreo	Estación de muestreo			
	Q E1	Q E2	Q E3	Q promedio
Septiembre	96.25	32	24.18	50.81
Octubre	265.5	480.06	549.12	431.56
Noviembre	286.2	529.2	640.32	485.24

QE1: Caudal en Castorcancha, QE2: Caudal en Cabracancha, QE3: Caudal en Agua Blanca.

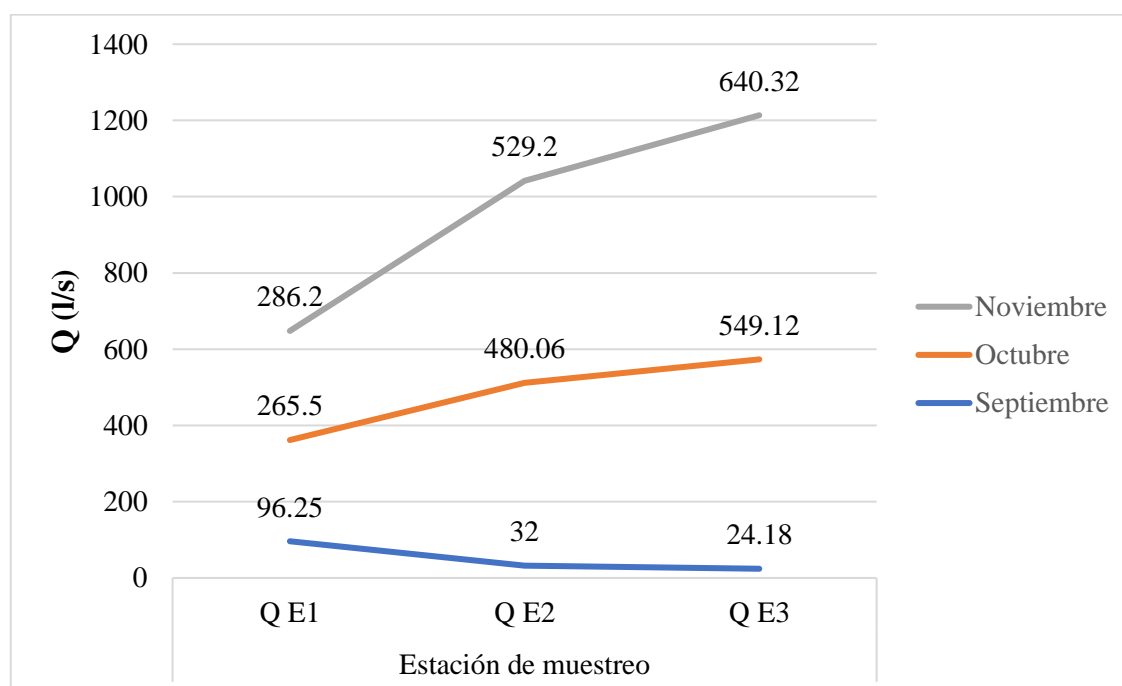


Figura 12. Tendencia del caudal del río Yanayacu.

En la Tabla 9 y Figura 12, se presentan los caudales estimados en cada estación de muestreo Castorcancha, Cabracancha y Agua Blanca, en los meses de septiembre a noviembre del año 2019. El muestreo uno se ejecutó en septiembre en periodo de estiaje, estimando un caudal promedio de 50.81 l/s. En el mes de octubre 2019, se iniciaron las

primeras precipitaciones, con presencia de lluvias fuertes en los días anteriores (SENAMHI, 2019), por ende, el aumento del caudal, cuya estimación promedio del caudal fue de 431.56 l/s; en el mes de noviembre se observó un aumento del caudal con relación a los meses anteriores debido al incremento de las precipitaciones (SENAMHI, 2019), llegando a alcanzar a 485 l/s, sin embargo se examinó que el caudal del río Yanayacu en el primer muestreo resultó ser el más bajo, con respecto al segundo y tercer muestreo, estas aguas en parte son desviadas para abastecer con agua potable a la misma comunidad y en épocas de estiaje son desviadas a través de un canal para el riego de pastos naturales y cultivos agrícolas, también se encontró ganado vacuno, el cual se abastecía de la fuente.

4.3. Comparación de los ECA para aguas de Categoría 3 con parámetros analizados.

La comparación de los Ecas, para aguas de categoría 3 ubicadas en el río Yanayacu con los datos estimados de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos en las estaciones de muestreo (E1, E2, E3) se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 10

Comparación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos con los Ecas para aguas de Categoría 3

Parámetro fisicoquímico	Septiembre			Octubre			Noviembre			Ecas		Criterio del resultado
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	D1: Riego de vegetales	D2: Bebidas de animales	
										6.5 – 8.5	6.5 – 8.4	
Potencial de hidrógeno (pH)	7.83	8.28	8.3	7.3	8.2	8.22	7.12	8.14	8.2	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4	Sí cumple
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	320	293	279	301	306	280	307	318	286	2500	5000	Sí cumple
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	14.67	15.92	16.42	14.52	15.57	16.22	14.56	15.25	15.5	Δ 3	Δ 3	Sí cumple
Nitratos (mg/L)	4.43	4.43	4.43	4.43	4.43	4.43	4.43	4.43	4.43	100	100	Sí cumple

E1: Castorcancha, E2: Cabracancha, E3: Agua Blanca.

pH: Potencial de hidrógeno; $\mu\text{S}/\text{cm}$: micro Siemens por centímetro; $^{\circ}\text{C}$: Grado Celsius; mg/L: miligramo por litro.

La valoración de los parámetros fisicoquímicos (potencial de hidrógeno, conductividad, temperatura, nitratos), no excedieron los Ecas, eso indicó que las aguas del río Yanayacu son idóneas para el riego de cultivos agrícolas y bebidas de animales. Dichos resultados nos mostraron que hubo una tendencia semejante en las tres estaciones de muestreo (Tabla 10).

Para la evaluación del estado ecológico del agua del río Yanayacu, se utilizó la comparación de los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad, temperatura, nitratos) con los estándares (DS. N° 004-2017-MINAM).

4.4. Macroinvertebrados bentónicos

Los muestreos ejecutados en las tres estaciones de evaluación del río Yanayacu, en los meses de septiembre a noviembre del 2019 permitieron identificar un total de 866 taxones relacionados a 10 órdenes y 14 familias, siendo *Elmidae* la más copiosa con 301 individuos (34.76%), seguida de *Baetidae* 128 individuos (14.78%) y la menos abundante con 3 individuos *Mesoveliidae* (0.35%). Las familias encontradas en las tres estaciones de muestreo en los meses septiembre, octubre y noviembre son: *Ptilodactylidae*, *Hyalellidae*, *Limnaeidae*, *Physidae*, *Leptohyphidae* y *Perlidae*.

En los muestreos realizados se registró un total de 14 familias en el río Yanayacu, la mayor cantidad de individuos encontrados se registró en la E2 con 362 individuos (41.80%) y la de menor cantidad de individuos se encontró en la E3 con 190 (21.94%). Las familias que predominan en los muestreos realizados fueron: la familia *Elmidae* en la E1, las familias *Elmidae*, *Baetidae* y *Perlidae* en la E2 y la familia *Physidae* en la E3.

La estación de muestreo con mayor riqueza específica fue E2 con 13 familias taxonómicas cada una, conformadas por los órdenes de *Coleoptera*, *Diptera*, *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Lepidoptera*, *Trichoptera*, *Amphipoda*, *Gastropoda* y *Hemiptera*, los cuales son considerados según (Roldán, 2016), como los grupos menos tolerantes a las alteraciones al ecosistema; encontrados también en nuestro estudio y que se plasman en la Tabla 11.

Tabla 11

Macroinvertebrados encontrados en cada punto de monitoreo del área de estudio

Septiembre									
Phylum	Clase	Orden	Familia	Puntos de muestreo			Sub Total	Total	TOTAL
				E1	E2	E3			
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	<i>Elmidae</i>	65	33	2	100	254	866
			<i>Psephenidae</i>	13	2	0	15		
			<i>Ptilodactylidae</i>	4	3	4	11		
		Diptera	<i>Tipulidae</i>	6	7	1	14		
			<i>Baetidae</i>	2	20	3	25		
		Ephemeroptera	<i>Leptohyphidae</i>	2	5	2	9		
			<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	2	20	2		
		Lepidoptera	<i>Philopotamidae</i>	4	0	3	7		
			<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	2	0	4		
		Malacostraca	Amphipoda	<i>Hyalellidae</i>	10	3	1		
<i>Limnaeidae</i>	1			3	7	11			
Mollusca	Gastropoda	Gastropoda	<i>Physidae</i>	2	2	12	16		
			<i>Hemiptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	0	2	0	2	
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	<i>Tubificidae</i>	0	0	0	0		
Subtotal				113	100	41			
Octubre									
Phylum	Clase	Orden	Familia	Puntos de muestreo			Sub Total	Total	TOTAL
				E1	E2	E3			
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	<i>Elmidae</i>	85	43	6	133	315	
			<i>Psephenidae</i>	15	0	0	15		
			<i>Ptilodactylidae</i>	1	12	2	15		
		Diptera	<i>Tipulidae</i>	3	4	0	7		
			<i>Baetidae</i>	0	38	5	43		
		Ephemeroptera	<i>Leptohyphidae</i>	5	8	2	15		

		<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	1	13	3	17
		<i>Lepidoptera</i>	<i>Philopotamidae</i>	5	4	1	10
		<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	3	2	7	12
	<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyalellidae</i>	5	4	2	11
<i>Mollusca</i>	<i>Gastropoda</i>	<i>Gastropoda</i>	<i>Limnaeidae</i>	2	1	12	15
			<i>Physidae</i>	0	1	17	18
		<i>Hemiptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	0	0	0	0
<i>Annelida</i>	<i>Oligochaeta</i>	<i>Haplotaxida</i>	<i>Tubificidae</i>	0	0	3	3
Subtotal				125	130	60	

Noviembre

<i>Phylum</i>	Clase	Orden	Familia	Puntos de muestreo			Sub Total	Total
				E1	E2	E3		
			<i>Elmidae</i>	42	20	5	67	
		<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	11	2	0	13	
			<i>Ptilodactylidae</i>	3	13	3	19	
		<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	0	3	2	5	
	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	3	45	12	60	
<i>Arthropoda</i>			<i>Leptohyphidae</i>	3	11	2	16	
		<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	3	27	2	32	297
		<i>Lepidoptera</i>	<i>Philopotamidae</i>	1	1	2	4	
		<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	2	3	15	20	
	<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyalellidae</i>	3	2	4	9	
<i>Mollusca</i>	<i>Gastropoda</i>	<i>Gastropoda</i>	<i>Limnaeidae</i>	3	1	6	10	
			<i>Physidae</i>	2	3	28	33	
		<i>Hemiptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	0	1	0	1	
<i>Annelida</i>	<i>Oligochaeta</i>	<i>Haplotaxida</i>	<i>Tubificidae</i>	0	0	8	8	
Subtotal				76	132	89		

E1: Castorcancha, E2: CabracanCHA, E3: Agua Blanca.

4.4.1. Cantidad de especies

En el siguiente gráfico se detalla la cantidad de individuos recolectados en cada punto de muestreo del área de estudio.

Tabla 12

Cantidad de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el río Yanayacu

Familia	Total
<i>Elmidae</i>	301
<i>Psephenidae</i>	43
<i>Ptilodactylidae</i>	45
<i>Tipulidae</i>	26
<i>Baetidae</i>	128
<i>Leptohyphidae</i>	40
<i>Perlidae</i>	73
<i>Philopotamidae</i>	21
<i>Polycentropodidae</i>	38
<i>Hyaellidae</i>	34
<i>Limnaeidae</i>	36
<i>Physidae</i>	67
<i>Mesoveliidae</i>	3
<i>Tubificidae</i>	11
	866

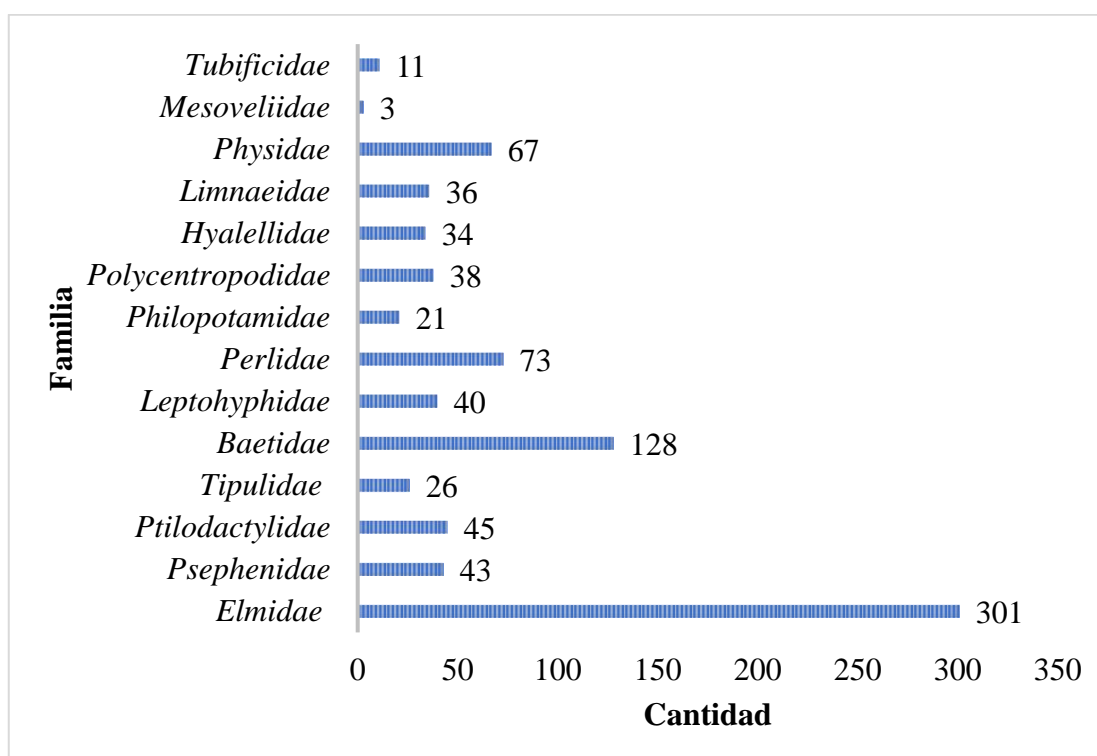


Figura 13. Familias identificadas en el río Yanayacu

En la Tabla de la Figura 13, se observa un total de 866 taxones esparcidos en 14 familias y 10 órdenes, de las cuales la familia *Elmidae* es la más representativa contando con un total de 301 individuos que representa el 34.76%, seguido la familia *Baetidae*, contando con 128 individuos que representa el 14.8%, las demás familias están presentes en menor cantidad.

Las familias de *Elmidae*, *Baetidae*, *Perlidae* y *Physidae* son los insectos más abundantes encontrados en el río Yanayacu que representa el 65.70 %; sin embargo, las familias como *Mesoveliidae*, *Tubificidae* se encuentra en menor cantidad y representan solo el 1.62 % del total, las familias como: *Psephenidae*, *Ptilodactylidae*, *Tipulidae*, *Leptohyphidae*, *Philopotamidae*, *Polycentropodidae*, *Hyalellidae*, *Limnaeidae* representan el 32.68 % del total.

Tabla 13

Total de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en los meses de septiembre, octubre y noviembre

Septiembre		Octubre		Noviembre		Total
Familia	Sub total	Familia	Sub total	Familia	Sub total	
<i>Elmidae</i>	100	<i>Elmidae</i>	134	<i>Elmidae</i>	67	301
<i>Psephenidae</i>	15	<i>Psephenidae</i>	15	<i>Psephenidae</i>	13	43
<i>Ptilodactylidae</i>	11	<i>Ptilodactylidae</i>	15	<i>Ptilodactylidae</i>	19	45
<i>Tipulidae</i>	14	<i>Tipulidae</i>	7	<i>Tipulidae</i>	5	26
<i>Baetidae</i>	25	<i>Baetidae</i>	43	<i>Baetidae</i>	60	128
<i>Leptohyphidae</i>	9	<i>Leptohyphidae</i>	15	<i>Leptohyphidae</i>	16	40
<i>Perlidae</i>	24	<i>Perlidae</i>	17	<i>Perlidae</i>	32	73
<i>Philopotamidae</i>	7	<i>Philopotamidae</i>	10	<i>Philopotamidae</i>	4	21
<i>Polycentropodidae</i>	6	<i>Polycentropodidae</i>	12	<i>Polycentropodidae</i>	20	38
<i>Hyaellidae</i>	14	<i>Hyaellidae</i>	11	<i>Hyaellidae</i>	9	34
<i>Limnaeidae</i>	11	<i>Limnaeidae</i>	15	<i>Limnaeidae</i>	10	36
<i>Physidae</i>	16	<i>Physidae</i>	18	<i>Physidae</i>	33	67
<i>Mesoveliidae</i>	2	<i>Mesoveliidae</i>	0	<i>Mesoveliidae</i>	1	3
<i>Tubificidae</i>	0	<i>Tubificidae</i>	3	<i>Tubificidae</i>	8	11

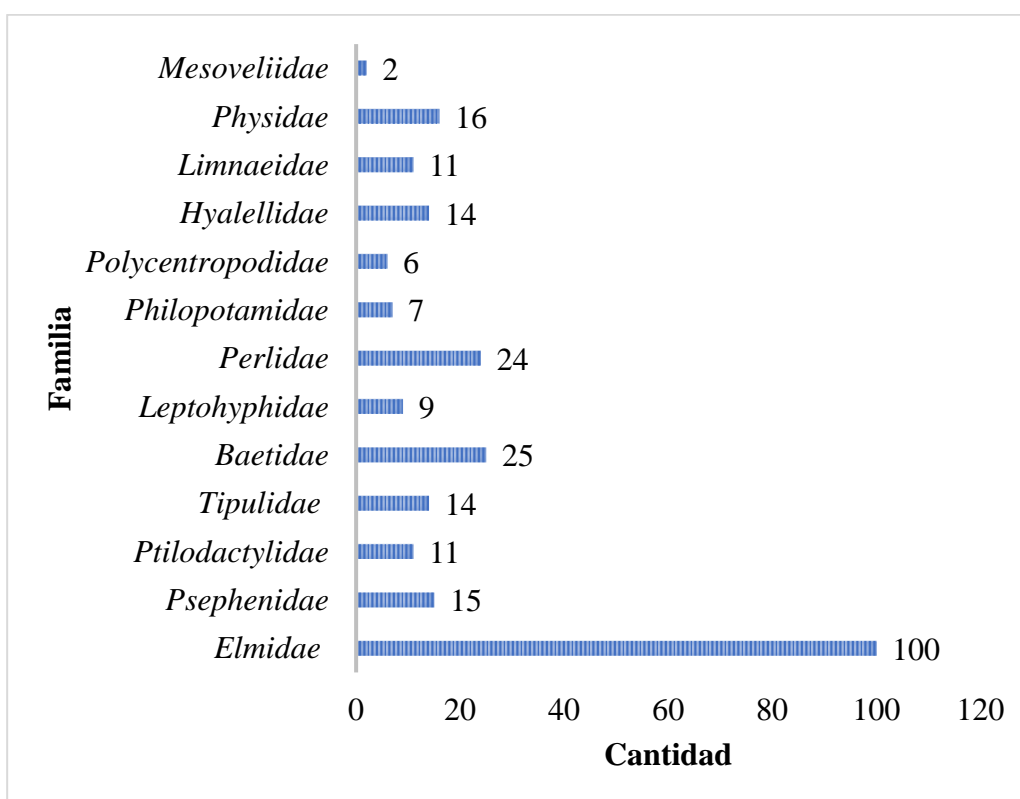


Figura 14. Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Yanayacu en el mes de septiembre.

Se puede apreciar en la Figura 14, el esparcimiento de los macroinvertebrados, que en septiembre se colectó 254 individuos que representa 29.3 % del total, identificándose 13 familias, de las cuales las tres familias más representativas son: la familia *Elmidae* con 100 individuos, seguida por *Baetidae* con 25 y la familia *Perlidae* con 24 individuos. Asimismo, se examina que la presencia de la familia *Tubificidae* es nula, a excepción de los meses de septiembre a noviembre; unas de las razones estarían asociadas a la clase de muestreo efectuada o a alguna variable fisicoquímica no considerada que estaría afectando su presencia.

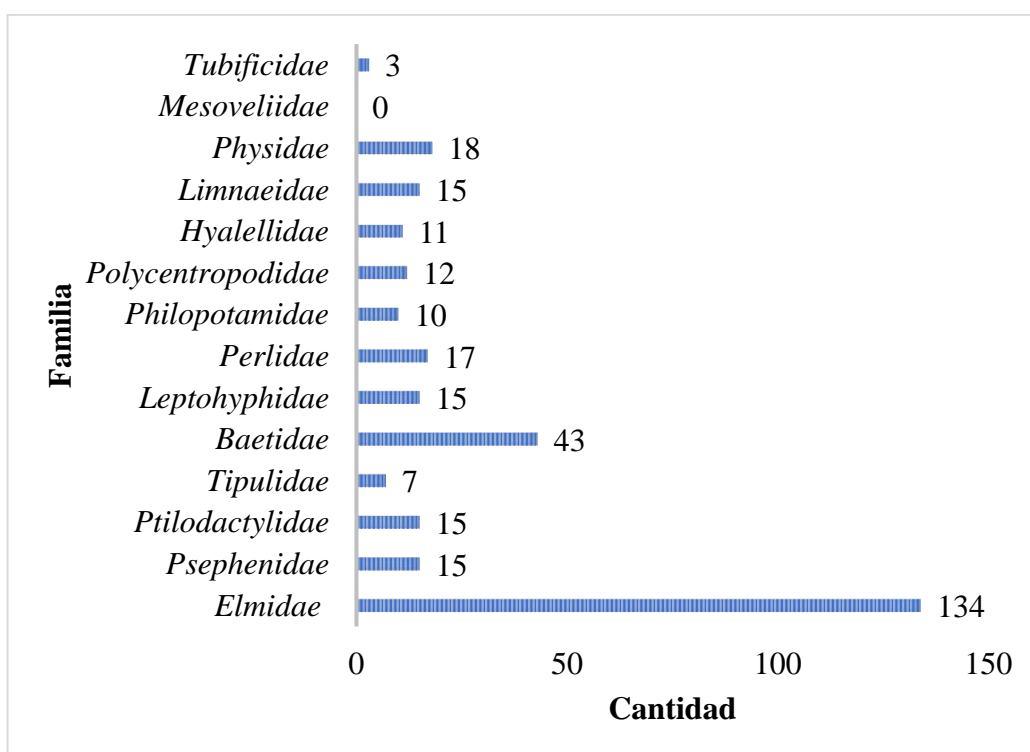


Figura 15. Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Yanayacu en el mes de octubre

En la Figura 15, se aprecia que en octubre se capturó gran número de individuos siendo 315 individuos colectados, que representa el 36.4%; de las 13 familias encontradas dos fueron las más abundantes, siendo *Elmidae* la más representativa con 134 taxones. Se aprecia, además, que la presencia de la familia *Mesoveliidae* es nula, a excepción de los meses de septiembre y noviembre.

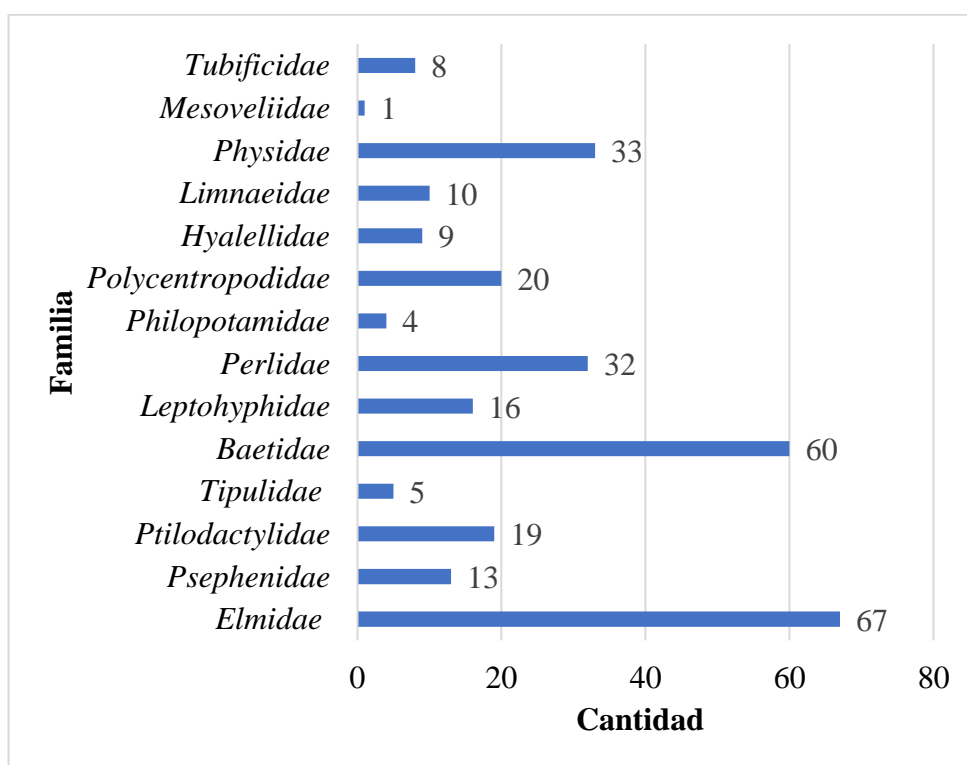


Figura 16. Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Yanayacu en noviembre.

En noviembre se colectó 297 individuos que representa un 34.3%, en este mes se identificaron 14 familias, de las cuales las cuatro familias más representativas son: *Elmidae*, con 67 individuos, seguida por *Baetidae* con 60 individuos, *Physidae* con 33 individuos y *Perlidae* con 32 individuos, la distribución de las familias de macroinvertebrados se puede apreciar en la Figura 12.

Tabla 14

Promedio de la cantidad de macroinvertebrados por estación de muestreo

Familias	Estación de muestreo		
	E1	E2	E3
<i>Elmidae</i>	64	32	4
<i>Psephenidae</i>	13	1	0
<i>Ptilodactylidae</i>	3	9	3
<i>Tipulidae</i>	3	5	1
<i>Baetidae</i>	2	34	7
<i>Leptohyphidae</i>	3	8	2
<i>Perlidae</i>	2	20	2
<i>Philopotamidae</i>	3	2	2
<i>Polycentropodidae</i>	2	2	9
<i>Hyaellidae</i>	6	3	2
<i>Limnaeidae</i>	2	2	8
<i>Physidae</i>	1	2	19
<i>Mesoveliidae</i>	0	1	0
<i>Tubificidae</i>	0	0	4

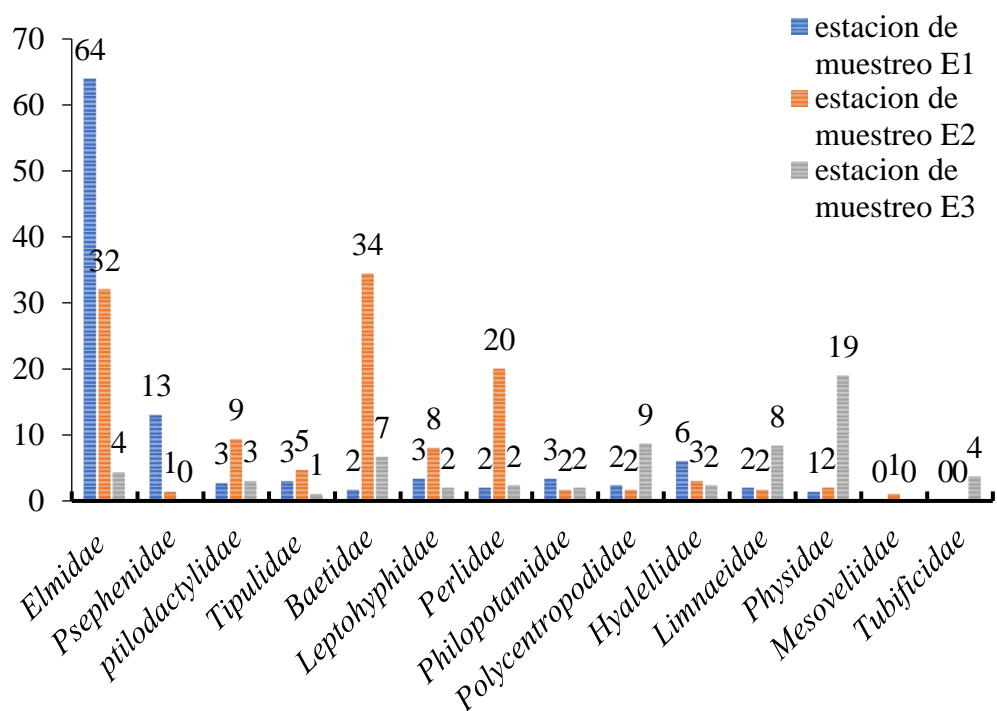


Figura 17. Promedio de las familias de macroinvertebrados identificados por estación de muestreo.

De acuerdo al gráfico de la Figura 17, se evidencia a las familias de macroinvertebrados encontradas en el monitoreo por estación de muestreo. En la E1 la familia más representativa es *Elmidae* con un promedio de 64 individuos y la menos representativa es la familia *Physidae* con 1 individuo, en la E2 las familias más representativas son: *Baetidae* con un promedio de 34 individuos, *Elmidae* con 32 y *Perlidae* con 20, en la E3 la familia más representativa es *Physidae* con un promedio de 19 individuos. Del total de las familias colectadas en las tres estaciones de muestreo las familias *Elmidae*, *Baetidae*, *Perlidae* y *Physidae*, fueron las más abundantes siendo las familias

La familia *Elmidae* se encuentran presente en una amplia gama de ecosistemas desde aguas muy limpias, correntosa y oxigenadas, hasta ríos con grados de moderada contaminación, pues se consideran más específicos de agua limpia por su grado de sensibilidad a la alta contaminación (Gonzalez *et al.*, 2020)

En las tres estaciones de muestreo se registró presencia de *Baetidae* (*Ephemeroptera*), donde la calidad del agua resultó ser buena, tal y como lo mencionan Domínguez y Fernández (2009), que estos organismos se desarrollan en aguas limpias y bien oxigenadas, considerandos como indicadores de buena calidad.

Con respecto a la presencia de los *Plecoptera* (*Perlidae*) son considerado dentro de los grupos más antiguos y encontrándose en aguas turbulentas, aligeras, gélidas y bien oxigenadas; es por ello, que son estudiados como buenos indicadores de calidad (Flores y Huamantínco, 2017). La mayor cantidad de individuos de la familia *Perlidae* fueron registrados en el río Yanayacu en las tres estaciones de muestreo afirmando que la calidad de agua resultó ser buena. Rescatando algunas especies de estas familias, que tienen la particularidad de resistir un leve grado de contaminación, pudiéndose convertir en un factor de investigación para un tratamiento de aguas (Tomanova y Tedesco, 2007).

Mencionando también a los individuos de orden *Trichoptera* (*Polycentropodidae*) que viven en aguas corrientes y son indicadoras de aguas oligotróficas (Roldán, 1988). Estos individuos de este orden fueron registrados en las tres estaciones de muestreo, cuyas aguas tienen un nivel de calidad bueno.

Uniendo los individuos del orden *Trichoptera* (*Polycentropodidae*), *Ephemeroptera* (*Baetidae*, *Leptohyphidae*), *Plecoptera* (*Perlidae*) y *Coleoptera* (*Elmidae*, *Psephenidae*, *Ptilodactylidae*) considerados según (Roldán, 2016), como los individuos más sensibles a la alteración de los ecosistemas, indicando su presencia en aguas de un buen estado ecológico tal como se ha demostrado en el río Yanayacu.

Por lo contrario, según Vásquez y Medina (2015), afirman que la presencia de macroinvertebrados en las aguas, como de las familias *Tubificidae* o *Chiromidae*, indican aguas contaminadas. Estos individuos tal es el caso de la familia *Chiromidae* no se encontró en el estudio realizado, excepto de la familia *Tubificidae* que su presencia fue nula en las E1 y E2, en cambio en la E3 hubo un número muy limitado; pero además la presencia de la familia *Ptilodactylidae* indica aguas de buena calidad, estos individuos si fueron registrados en las tres

estaciones de muestreo, confirmando una vez más que estas aguas son de buena calidad con algunos efectos de contaminación.

Considerando finalmente a la familia *Physidae* quienes habitan en ecosistemas de agua dulce, sobre sustrato rocoso, adheridos a las hojas y tallos de plantas acuáticas, en general manifiestan una buena tolerancia a ambientes poluidos con materia orgánica (Velásquez y Escobar, 2001). Y que según Pérez (2003) indicarían que son pequeños caracoles que viven debajo de piedras y vegetación, poseen un caparazón enroscada en forma de rosca, encontrándose en varios tipos de aguas. Es decir, se adaptan tanto a aguas de moderada contaminación como a aguas de buena calidad. Esta familia habita entre un pH de 7,36 a 8,26, estos resultados concuerdan con lo afirmado por (Roldan, 1996).

4.5. Índices bióticos

4.5.1. Índice biótico andino (IBA)

Los cálculos del índice IBA; resultaron después de la sumatoria de las puntuaciones asignadas de tolerancia (Figura 5) considerando las diversas familias de MAB hallados en cada estación de muestreo. Se demostró que los valores IBA, son semejantes en las tres estaciones de muestreo como se puntualiza en la tabla.

Tabla 15

Valores del IBA, para las estaciones de muestreo en el río Yanayacu

Estación de muestreo	E1			E2			E3		
Muestreo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
IBA	69	62	64	53	64	64	64	59	64
Promedio	65			60			62		

Escala IBA: > 74 muy bueno, 45-74 bueno, 27-44 moderado, 11-26 malo, <11 pésimo.

E1: Castorcancha, E2: Cabracancha, E3: Agua Blanca.

Según la Tabla 15, los valores estimados para el IBA, en las tres estaciones de muestreo son: E1, 65; E2, 60; E3,62. Todos estos valores se hallan enmarcados

en un rango de 45-74, indicando en general un estado ecológico de buena calidad en las tres estaciones.

De acuerdo con los resultados, los valores estimados del IBA disminuyeron en la E2 y E3, estos cambios no fueron suficiente fuertes como para cambiar el rango de calidad del agua.

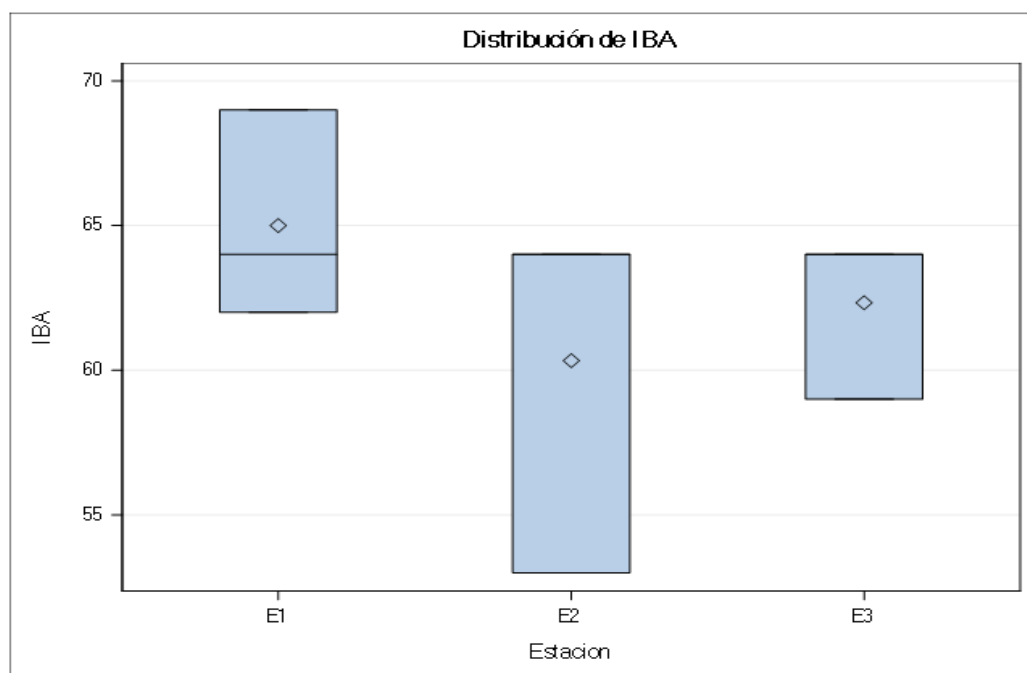


Figura 18. Distribución del Índice IBA por estación de muestreo en el río Yanayacu.

En los resultados la distribución de IBA, indica que después de sumar los valores de tolerancia, en E2 existe una mayor variación con respecto a la E2 Y E3.

4.5.2. Índice grupo de trabajo de seguimiento biológico (BMWP)

Los valores del Índice BMWP, se obtuvieron de la sumatoria de las puntuaciones de tolerancia asignadas a cada familia (Figura 7), a continuación, se detalla.

Tabla 16

Valores del Índice BMWP, para las estaciones de muestreo en el río Yanayacu

Estación de muestreo	E1			E2			E3		
Muestreo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
BMWP	69	62	64	56	64	67	64	60	65
Promedio	65			62			63		

Escala BMWP: ≥ 101 muy bueno, 61-100 bueno, 36-60 Aceptable(=Moderado), 16-35 deficiente, < 15 malo.

E1: Castorcancha, E2: CabracanCHA, E3: Agua Blanca

En la Tabla 16, se evidencia que los valores estimados para el BMWP, en las tres estaciones de muestreo son: E1, 65; E2, 62; E3, 62. Todos estos promedios se hallan enmarcados de un rango de 61 a 100, indicando en general un estado ecológico de buena calidad en las tres estaciones.

Los valores esperados del índice IBMWP en comparación con el índice IBA, resultaron ser muy similares la cual determina que las aguas del río Yanayacu son de buena calidad.

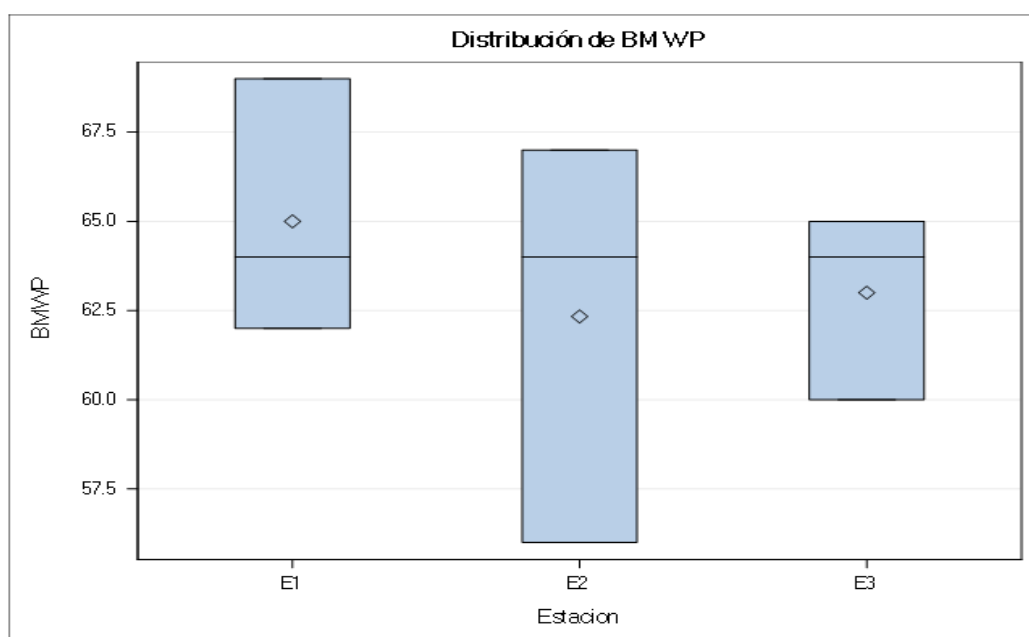


Figura 19. Distribución del Índice BMWP por estación de muestreo en el río Yanayacu

En los resultados la distribución de BMWP, indica que después de sumar los valores de tolerancia, en E2 existe una mayor variación con respecto a la E1 Y E3.

4.6. Análisis de componentes principales.

La técnica de análisis multivariadas se presenta como una opción viable para conocer la variabilidad de la información que se recoge de campo, en gran parte porque permite al investigador realizar múltiples combinaciones de informaciones dentro de la unidad experimental (Regazzi, 2001; Moreira *et al.*, 2009 y Benitez *et al.*, 2011). Dentro de esas técnicas, la más empleada para variables de tipo cuantitativa es el análisis de los componentes principales, que reside en transformar un conjunto original de variables en otro conjunto de dimensión equivalente, pero con propiedades importantes, que son de gran interés (Regazzi, 2001).

Moya *et al.*, (2009) utilizó análisis multivariado para determinar el grado de relación que existe entre variables parámetros fisicoquímicos y familias de macroinvertebrados. También, concuerdan con los estudios realizados por (Carvacho, 2012).

Tabla 17

Matriz de correlaciones de las variables originales propias de los componentes principales del estudio del río Yanayacu

Variables	Componente	
	CP 1	CP 2
pH	-0.73	0.68
Conductividad	0.99	0.14
Temperatura	-0.89	0.45
ABI	0.34	-0.94
BMWP	0.52	-0.86
Ind./Estación	0.86	0.51
<i>Elmidae</i>	0.95	-0.3
<i>Psephenidae</i>	0.77	-0.64
<i>Ptilodactylidae</i>	0.22	0.98
<i>Tipulidae</i>	0.74	0.67
<i>Baetidae</i>	0.12	0.99
<i>Leptohyphidae</i>	0.46	0.89
<i>Perlidae</i>	0.24	0.97
<i>Philopotamidae</i>	0.56	-0.83
<i>Polycentropodidae</i>	-0.94	-0.34
<i>Hyaellidae</i>	0.82	-0.58
<i>Limnaeidae</i>	-0.95	-0.3
<i>Physidae</i>	-0.97	-0.23
<i>Mesoveliidae</i>	0.26	0.97
<i>Tubificidae</i>	-0.97	-0.26
Varianza (%)	52.70	47.30
Varianza Acumulada (%)	52.70	100.00

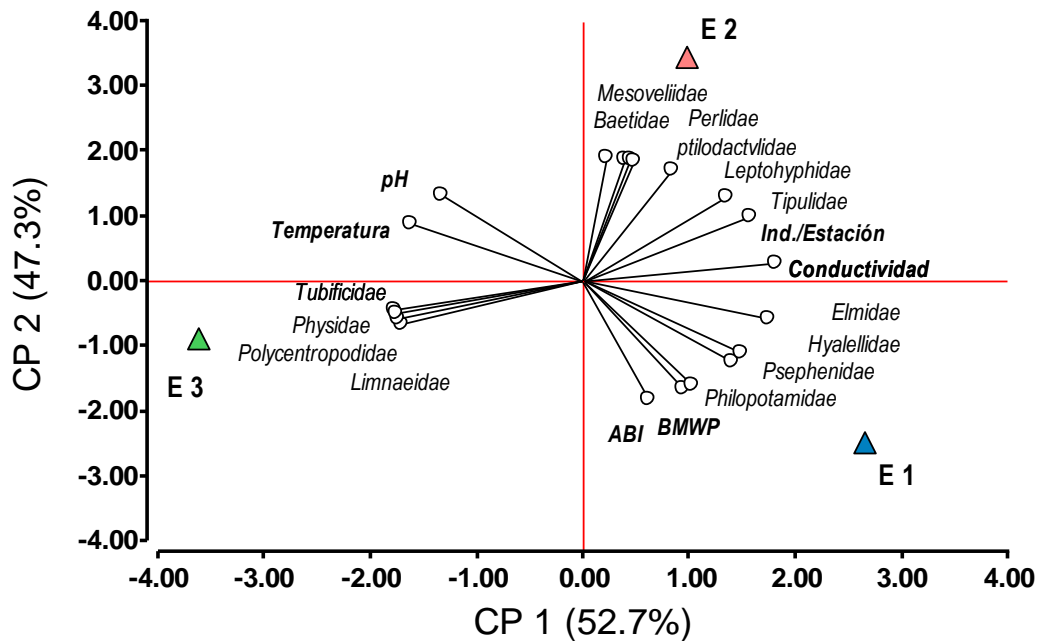


Figura 20. Análisis de componentes principales de parámetros físico-químicos, índices de ABI, BMWP y de individuos bentónicos del río Yanayacu.

El análisis de componentes principales (ACP) fue aplicado para observar los agrupamientos y las correlaciones dentro de las estaciones en estudio (E). De acuerdo al criterio de Cliff (1988) y Balzarini (2003), los dos componentes explican el 100% (52.7%= CP 1 y 47.3%= CP 2, respectivamente) de la variación total de los datos (Figura 20).

La distribución de los coeficientes de correlación (Tabla 17) indican que las variables conductividad, los individuos bentónicos por estación de las familias *Elmidae*, *Psephenidae*, *Ptilodactylidae*, *Tipulidae*, *Baetidae*, *Leptohyphidae*, *Perlidae*, *Philopotamidae*, *Polycentropodidae* y *Hyalellidae* fueron los que contribuyeron en correlación positiva al CP 1, las mismas que están asociadas a las E1 y E2, en cuanto que, contribuciones con correlación negativa al mismo componente se observaron con el pH, la temperatura y las familias de invertebrados bentónicos *Polycentropodidae*, *Hyalellidae*, *Limnaeidae*, *Physidae*, *Mesoveliidae* y *Tubificidae*; lo que permite observar una asociación con la E3.

El CP 2, permitió correlacionar positivamente al pH, la temperatura y las familias de individuos bentónicos *Ptilodactylidae*, *Tipulidae*, *Baetidae*, *Leptohyphidae*, *Perlidae*, *Philopotamidae*, *Polycentropodidae*, *Hyalellidae*, *Limnaeidae*, *Physidae*, *Mesoveliidae*

en asociación principalmente a la E2. Correlaciones negativas en el CP 2, son evidenciados a los índices ABI y BMWP con las familias *Psephenidae*, *Ptilodactylidae*, *Tipulidae*, *Baetidae*, *Leptohyphidae*, *Perlidae*, *Philopotamidae*, *Polycentropodidae*, *Hyaellidae*, *Limnaeidae*, *Physidae*, *Mesoveliidae*, *Tubificidae* especialmente asociadas a la E3.

En la Figura 20, se observa la interrelación de las estaciones de muestreo mediante análisis multivariados, determinaron la multiplicidad y simultaneidad entre las familias de macroinvertebrados presentes en cada estación de muestreo y los parámetros fisicoquímicos evaluados. Demostrándose según resultados que en la E1 se encontró una mejor calidad de agua con respecto a la E2 y E3 y las familias más representativas para la E1 fueron: *Elmidae*, *Hyaellidae*, *Psephenidae*, *Philopotamidae*; en la E2 se evidenció los valores más altos de la conductividad, indicando que a mayor conductividad existe un mayor desarrollo de individuos de las familias: *Mesoveliidae*, *Baetidae*, *Perlidae*, *Ptilodactylidae*, *Leptohyphidae* y *Tipulidae*; en la E3 se muestra que los valores del pH y la temperatura son mayores con respecto a la E2 y E3, indicando que a mayor pH y temperatura existe un mayor desarrollo de individuos de las familias *Physidae*, *Polycentropodidae*, *Limnaeidae*.

4.7. Análisis de correlación según Pearson

Se realizó, además, el análisis de la correlación teniendo en cuenta cada estación (Tabla 18) y luego considerando los especímenes totales que se encontraron en el río Yanayacu (figuras 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 y 29).

Tabla 18

Detalle de parámetros fisicoquímicos y familias de macroinvertebrados por cada estación, según correlación de Pearson

Estaciones de muestreo	Coeficiente de correlación														
	pH vs <i>Elmi dae</i>	pH vs <i>Psephen idae</i>	pH vs <i>Baeti dae</i>	pH vs <i>Perli dae</i>	pH vs <i>Physi dae</i>	C vs <i>Elmi dae</i>	C vs <i>Psephenidae</i>	C vs <i>Baeti dae</i>	C vs <i>Perli dae</i>	C vs <i>Physi dae</i>	T° vs <i>Elmi dae</i>	T° vs <i>Psephenidae</i>	T° vs <i>Baeti dae</i>	T° vs <i>Perli dae</i>	T° vs <i>Physi dae</i>
E1	0.28	0.244	-0.056	-0.24	0.274	-0.270	-0.309	0.483	0.309	0.743	-0.218	-0.257	0.435	0.257	0.706
E2	0.49	0.082	-0.986	-0.427	-0.427	-0.788	-0.023	0.975	0.480	0.480	0.542	0.026	-0.975	-0.477	-0.477
E3	-0.91	0.000	-0.800	-0.327	-0.854	0.402	0.000	0.997	-0.381	0.984	-0.470	0.000	-1.000	0.310	-0.995

(+) = Correlación positiva (-) = Correlación negativa (0) = correlación nula

pH: Potencial de hidrógeno; C: Conductividad; T°: Temperatura.

En los siguientes gráficos se muestran los datos con valores específicos del coeficiente de correlación entre las variables evaluadas, distinguiendo el número total resultante de individuos encontrados en el río Yanayacu.

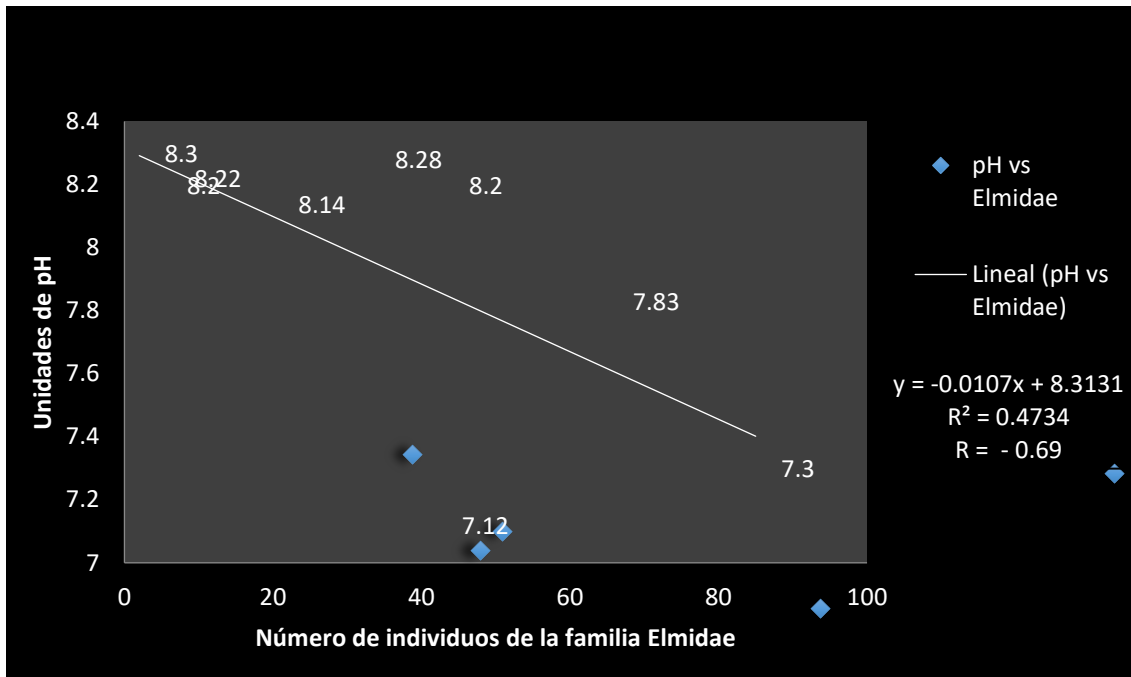


Figura 21. Desarrollo de la correlación entre el pH y el total de especímenes de la familia *Elmidae* registrados en el río Yanayacu.

Se realizó la correlación estadística de Pearson, entre el total de individuos de la familia *Elmidae* y el pH, calculando la interrelación existente entre las dos variables, determinándose que las transformaciones presentes influyen en una de las variables y en los cambios de la otra. En la Figura 21, se pudo observar la validez de una correlación inversa moderada entre variables del promedio de las tres estaciones. La relación entre estas variables es negativa, lo que indica una relación inversa donde los valores de pH aumentan, el número de individuos de la familia *Elmidae* disminuye. Sin embargo, la correlación entre ambas variables no es la misma por cada estación de muestreo: en la E1 y E2 existe una correlación directa débil y en la E3 existe una correlación inversa fuerte (Tabla 18). Los alcances coinciden con los análisis realizados por Gonzalez *et al.* (2020) donde afirman que conforme aumenta el pH el número de individuos de la familia *Elmidae* Disminuye.

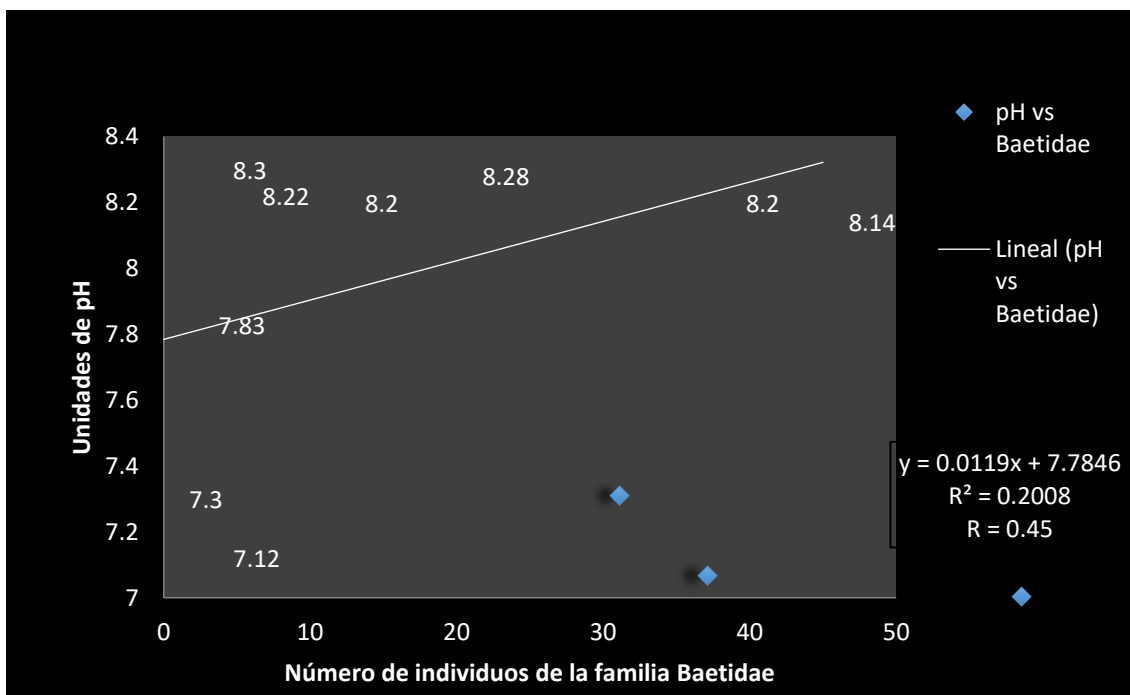


Figura 22. Desarrollo de la correlación entre el pH y el total de especímenes de la familia *Baetidae* registrados en el río Yanayacu.

En la Figura 22, se analiza los resultados de las correlaciones del número de individuos de la familia *Baetidae* y el pH presente en cada estación de muestreo, manifestando que algunos puntos están cerca de la línea, pero otros están lejos de ella lo que indicaría una correlación directa débil entre variables. La relación entre estas variables es positiva puesto que a medida que se incrementa el pH, el número de individuos también aumenta. Asimismo, la correlación en la E1 es de -0.056 lo que indica que existe una correlación inversa nula; en la E2 es de -0.986 lo que indica que es una correlación inversa perfecta y en la E3 -0.800 indica que existe una correlación inversa significativa (Tabla 18). Los resultados coinciden con lo registrado por (Céspedes, 2013) quién dice que la correspondencia entre ambas variables es positiva.

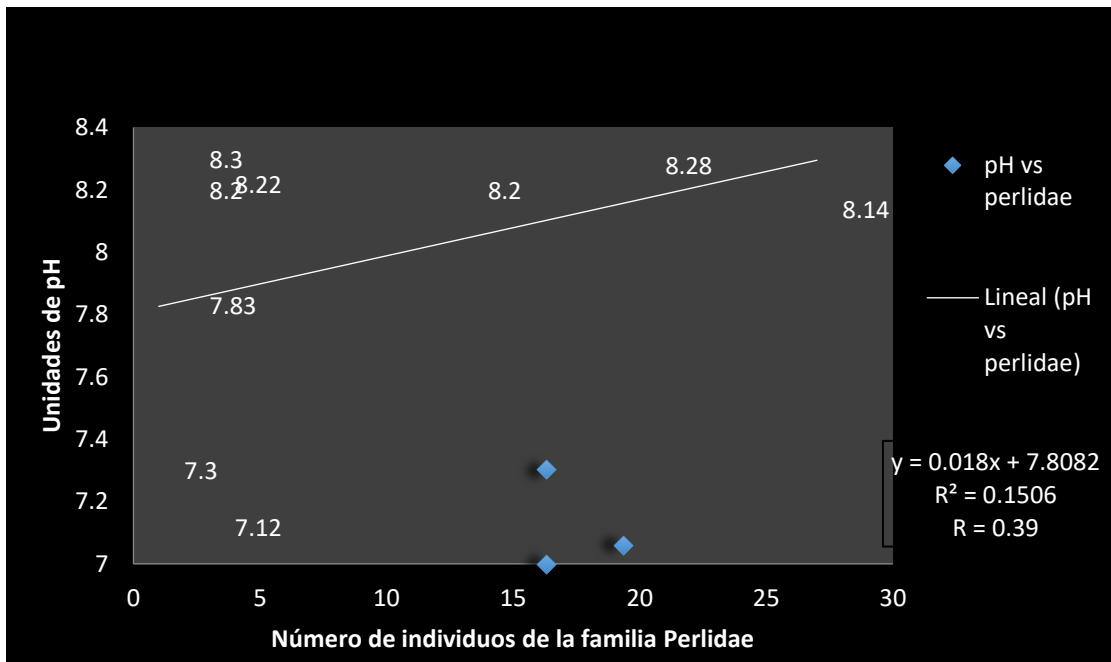


Figura 23. Desarrollo de la correlación entre el pH y el total de especímenes de la familia *Perlidae* registrados en el río Yanayacu.

En la Figura 23, se muestra que la correlación de Pearson entre el total de individuos de la familia *Perlidae* y el pH es positiva con un valor de 0.39; manifestando que algunos puntos están cerca de la línea, pero otros puntos están lejos de ella lo que indicando una correlación directa débil entre variables; es decir, por lo que sí aumenta el pH el número de individuos de la familia *Elmidae* aumenta paulatinamente en el río Yanayacu. Estos valores inducen a afirmar que el número de individuos de la familia *Perlidae* se ve influenciado por el incremento del pH (Capera, 2020).

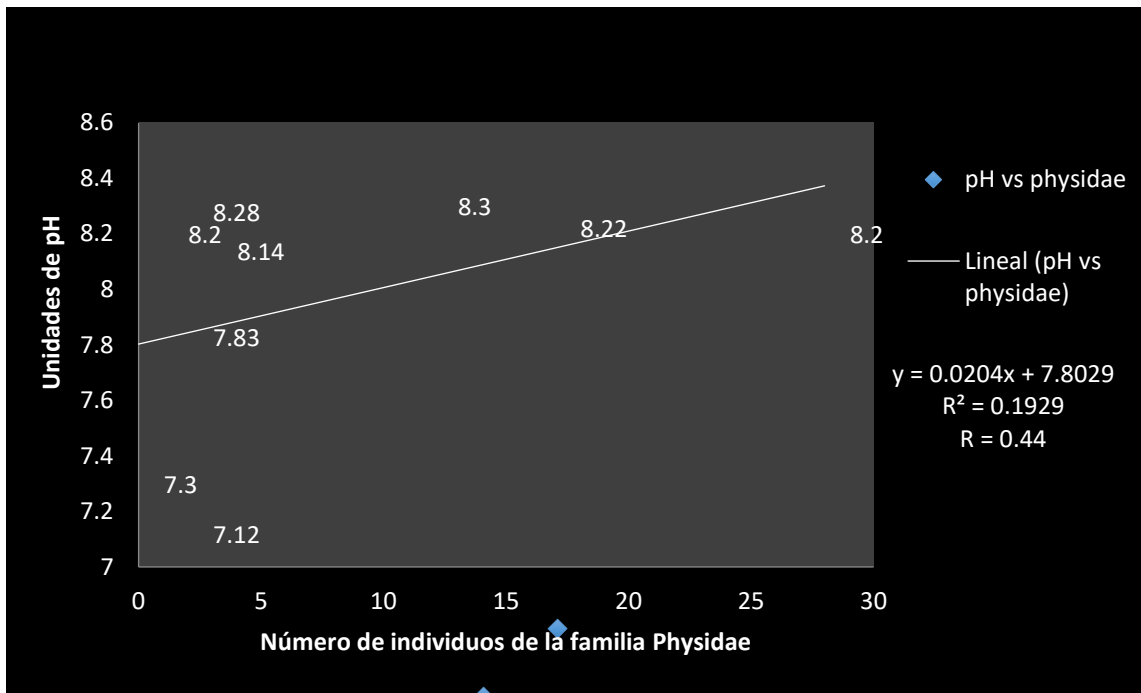


Figura 24. Desarrollo de la correlación entre el pH y el total de especímenes de la familia *Physidae* registrados en el río Yanayacu.

En la Figura 24, se analizó que existe una correlación directa débil entre los valores de pH y número de individuos de la familia *Physidae*. De igual forma es la correlación entre variables por cada estación de muestreo: en la E1 existe una correlación directa débil; E2 existe una correlación inversa débil y en la E3 existe una correlación inversa fuerte (Tabla 18). Los resultados afirman que si aumenta el pH aumenta el total de especímenes de la familia *Physidae*. Concluyendo, pH es un factor determinante en el desarrollo de los individuos evaluados selectivamente. Habiendo similitud con el estudio realizado en Bogota Cundimarca por (Velásquez y Escobar, 2001).

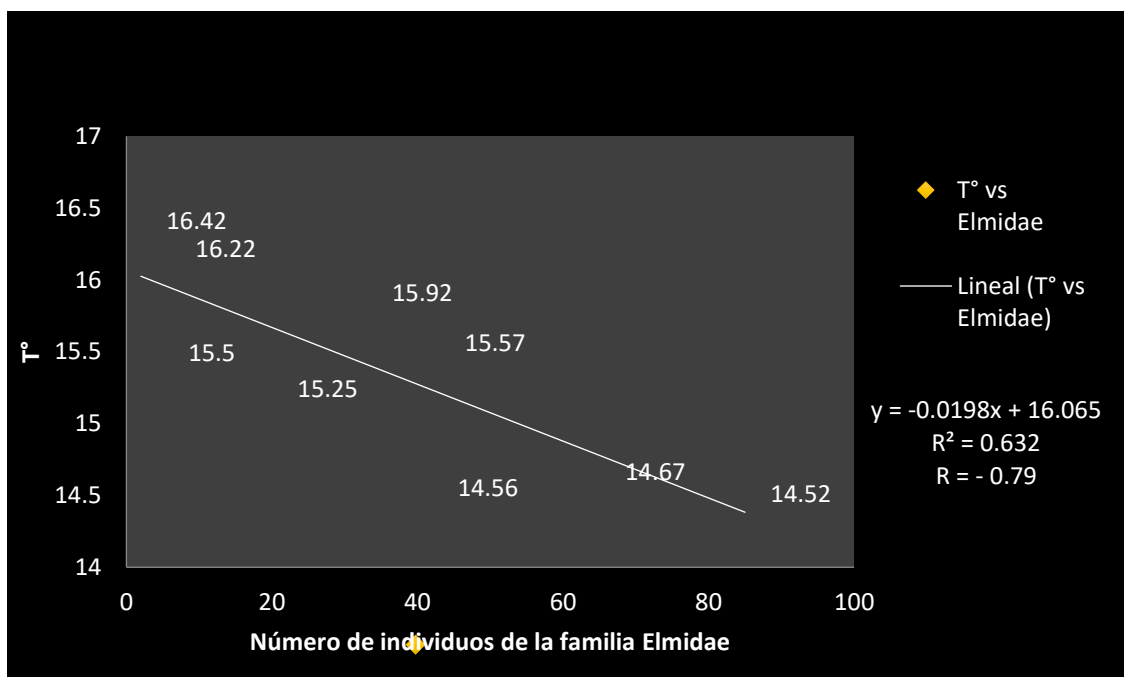


Figura 25. Correlación entre la temperatura y el total de especímenes de la familia *Elmidae* registrados en el río Yanayacu.

En la Figura 25, se resalta una correlación negativa entre el número de individuos de la familia *Elmidae* y la temperatura presente en cada estación de muestreo indicando que existe una correlación inversa significativa, puesto que sí se incrementa la temperatura el número de individuos de la familia *Elmidae* disminuye. De igual forma, es la correlación de estas variables por cada estación: E1 toma un valor de -0.218 y en la E3 -0.470 indicando una correlación inversa débil y en la E2 toma un valor de 0.542 indicando una correlación directa moderada (Tabla 18). los resultados concuerdan con los estudios realizados por Gonzalez *et al.* (2020) afirmando que a medida que la intensificación de la temperatura disminuye el total de individuos de la familia *Elmidae*.

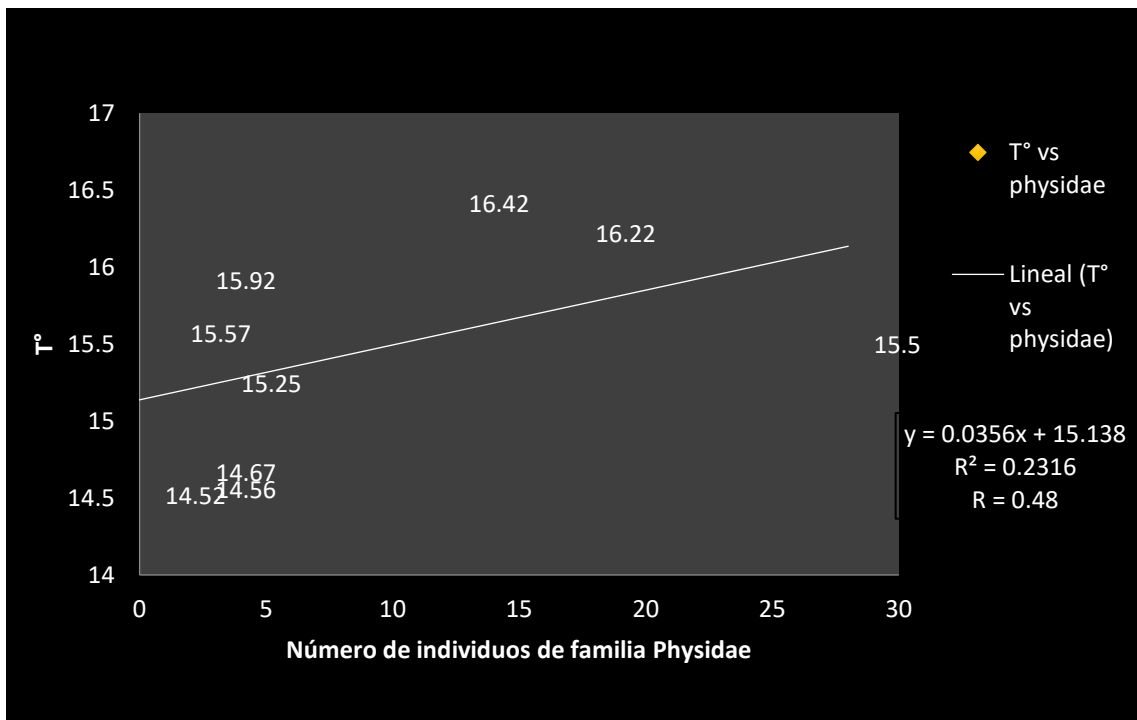


Figura 26. Correlación entre la temperatura y el total de especímenes de la familia *Physidae* registrados en el río Yanayacu.

En la Figura 26, Se muestra que la correlación entre ambas variables nos da un valor de 0.48, siendo esta una correlación directa débil. Es decir, que sí aumenta el valor de la temperatura el número de individuos de la familia *Physidae* también aumenta. Estos valores inducen a afirmar que el número de individuos de la familia *Physidae* se ve influenciada por el incremento de la temperatura (Velásquez y Escobar, 2001).

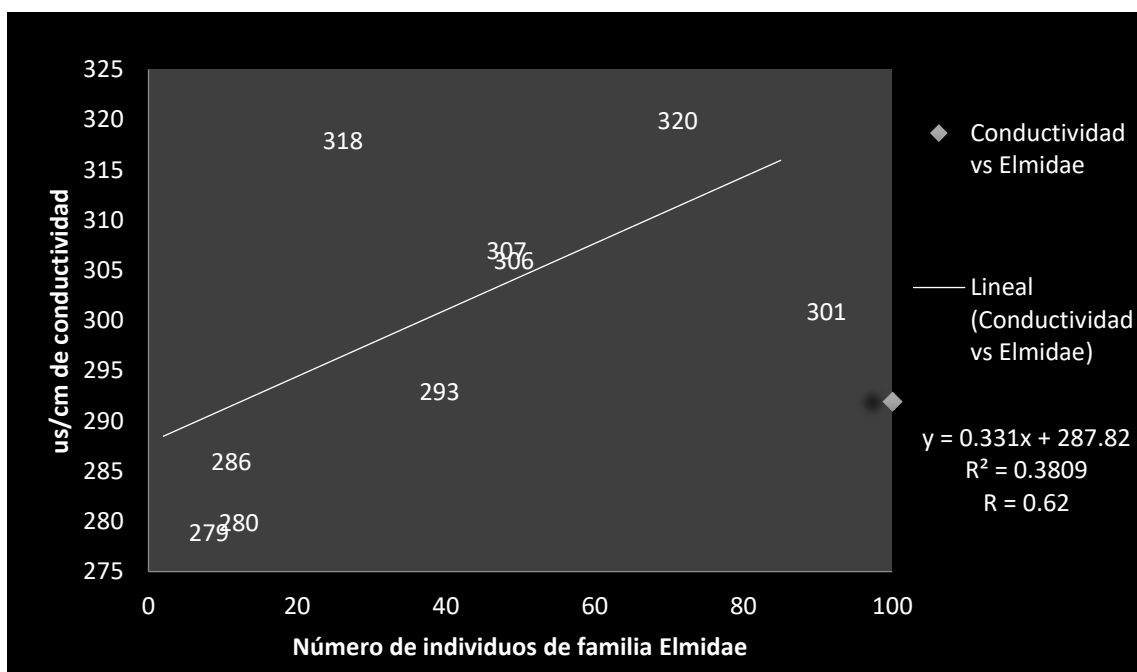


Figura 27. Correlación entre la conductividad y el total de especímenes de la familia Elmidae registrados en el río Yanayacu.

En la Figura 27, se puede apreciar la correlación entre el número de individuos de la familia *Elmidae* y la conductividad. La correlación entre las dos variables nos da un valor de 0.62 indicando que existe una correlación positiva directa moderada, es decir cuando aumenta los valores de la conductividad, el número individuos de familia *Elmidae* también aumenta en proporción constante. Por lo que se concluye que la presencia de individuos de la familia *Elmidae* depende de la conductividad. Los resultados concuerdan con el estudio realizado por Gonzalez *et al.* (2020) donde afirman que la conductividad influyó de manera tangible en la riqueza de la familia *Elmidae*. Es decir, al aumentar la conductividad el número de individuos de la familia *Elmidae* también aumenta.

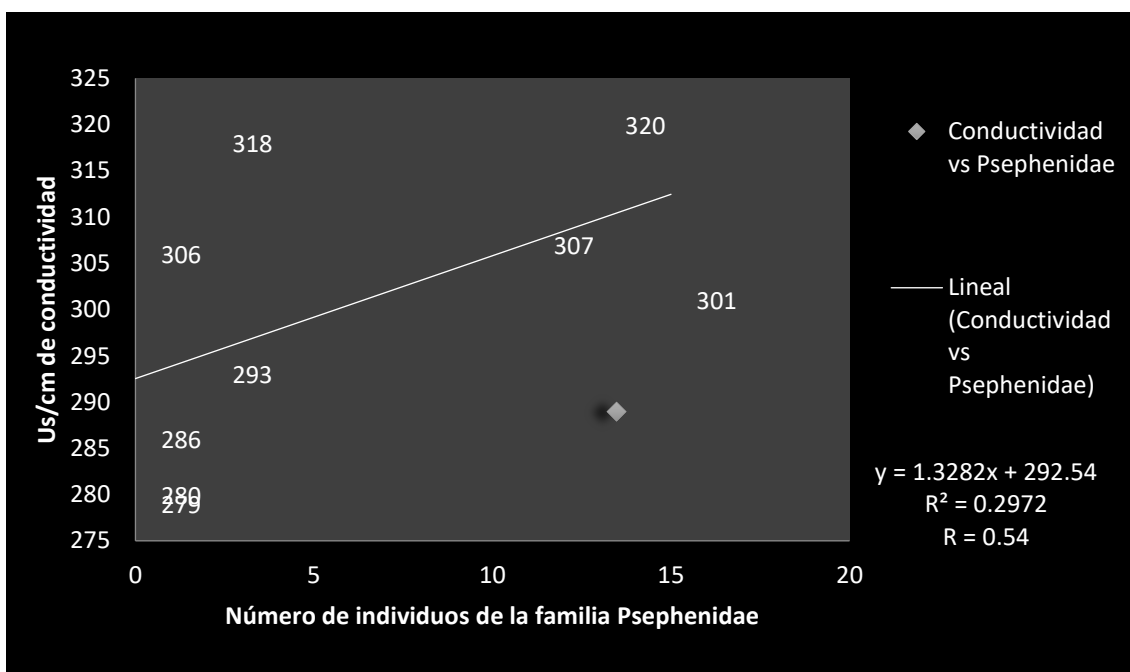


Figura 28. Correlación entre la conductividad y el total de especímenes de la familia *Psephenidae* registrados en el río Yanayacu.

En la Figura 28, la correlación de Pearson entre la conductividad y el número de individuos de la familia *Psephenidae* es positiva con un valor de 0.54, indicando una correlación directa moderada; donde la conductividad aumenta y el número de individuos de la familia *Psephenidae* también. De la misma forma, son las correlaciones obtenidas en la E1 con un valor de -0.309 indicando que existe una correlación inversa débil; en la E2 con un valor de -0.023 indicando que existe una relación inversa nula al igual que en la E3.

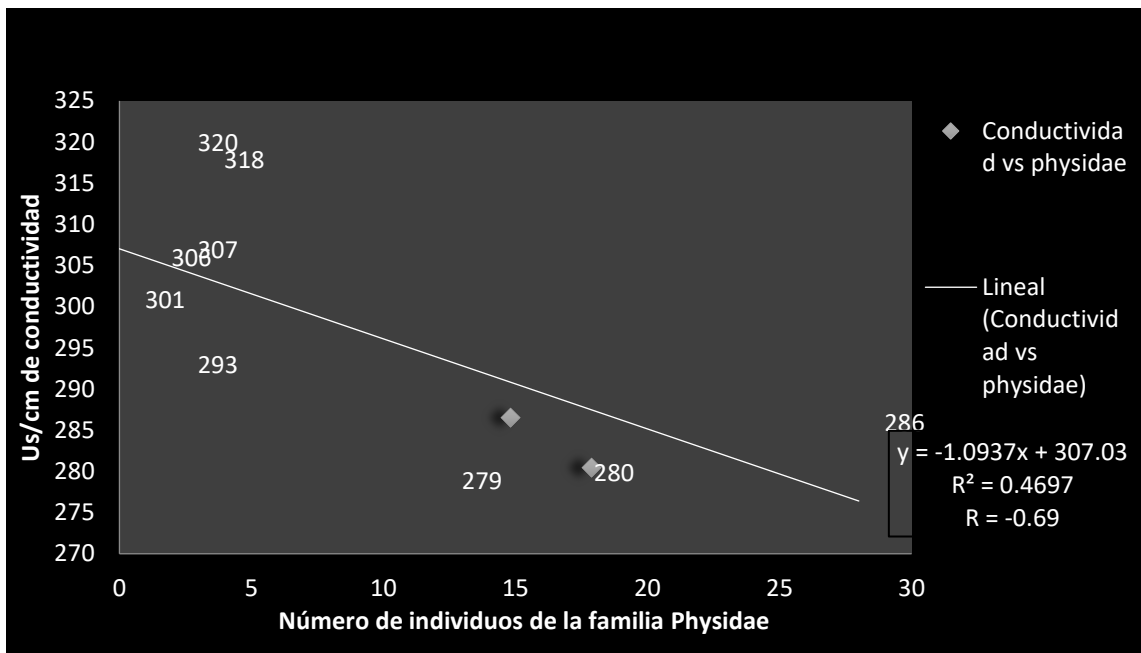


Figura 29. Correlación entre la conductividad y el total de especímenes de la familia *Physidae* registrados en el río Yanayacu.

En estos resultados la correlación de Pearson entre la conductividad y el número de individuos de la familia *Physidae* es de -0.69, señalando que a medida que los puntos se acercan a la línea existe una relación negativa fuerte entre variables. El coeficiente de correlación entre variables indicando una correlación inversa moderada, indicando que el aumento de la conductividad hace disminuir paulatinamente el número de individuos. Esta familia habita con una conductividad eléctrica de 279 a 320 lo que concuerda (Córdova *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

- El agua del río Yanayacu es apta para la categoría 3 que da correspondencia para el uso como abrevadero de animales y regadío de vegetaciones, pues los valores de los parámetros fisicoquímicos obtenidos no sobrepasan lo estipulado en los Ecas.
- La abundancia total de macroinvertebrados fue mayor en la estación dos con 41.8 %, seguido de la estación uno con 36.3 % y en menor presencia en la estación tres con 21.9%, identificándose un total de 14 familias presentes en el río Yanayacu.
- El estado ecológico del agua del río Yanayacu es buena, pues el índice IBA calculado es de 62.3 y del BMWP 63.3.

RECOMENDACIONES

- Es necesario que la Autoridad Local del Agua Chotano-Llaucano, en coordinación con la Universidad Nacional Autónoma de Chota y la Municipalidad Provincial de Chota, promuevan el uso de índices biológicos; en las diferentes cuencas del distrito, con el fin de mapear todos los ríos y tener una base de datos de familias y géneros de bioindicadores y así elaborar claves taxonómicas especializadas de acuerdo a los ríos de nuestra región.
- La realización investigativa a profundidad y mayores parámetros interrelacionados con los índices de calidad de agua aplicados en macroinvertebrados bentónicos en nuestro Perú, permitirá elaborar claves taxonómicas de identificación especializadas para nuestro país, con resultados mucho más confiables.
- Es necesario seguir implementando los indicadores biológicos y complementar con análisis fisicoquímicos de manera permanente en estaciones georreferenciadas que permitan monitorear la calidad del agua durante el transcurso del año y su influencia con las actividades antropogénicas.
- Sensibilizar constantemente siguiendo planes de acción con temática de saneamiento y contaminación de aguas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anyanwu, E., Okorie, M., & Odo. S. (2019). Macroinvertebrates as bioindicators of Water Quality of Effluent-receiving Ossah River, Umuahia, Southeast Nigeria. *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*, 31 (5), 9-17.
- Acosta, R. (2009). Estudio de la cuenca altoandina del río Cañete (Perú): distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas. *Memoria de título de Doctor por la Universidad de Barcelona*.
- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CCERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 035-64.
- Alva, J., Poquet, J., Rodríguez, R., & Granja, J. (s. f). Grupo de investigación de biología y ecología animal de medios acuáticos loticos. <http://medpacs.ugr.es/index.php?q=es/evaluacion/macroinvertebrados>.
- Álvarez, S., & Pérez, L. (2007). *Evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras* (Tesis de grado), Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana-2012.
- Autoridad Nacional del Agua. (2015). Contaminación por metales pesados en la cuenca del Llaucano, en Bambamarca. <http://www.otramirada.pe/informe-de-ana-revela-contaminaci%C3%B3n-por-metales-pesados-en-la-cuenca-del-llaucano-en-bambamarca>.
- Barrenechea, A. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. *Tratamiento de agua para consumo humano*, 1-54.
- Balzarini, M. (2003). Introducción al análisis multivariado. *Notas de clases. Maestría en Estadística Aplicada de la Universidad Nacional de Córdoba*, 130.
- Balzarini, M., & Di Rienzo, J. (2012). InfoGen versión software estadístico para el análisis de datos genéticos. FCA, *Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*.

- Benitez, L., Rodrigues, I., Arge, L., Ribeiro, M., & Braga, E. (2011). Análise multivariada da divergencia genética de genotipos de arroz sobestress salino durante a fase vegetativa. *Revista Ciencia Agronómica*, 42(2), 409-416.
- Bullón, V. (2016). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo* (Doctoral dissertation, Tesis de título profesional).
- Carvacho Aránguiz, C. A. (2012). Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile
- Cañón, D., & Mora, M. (2017). Propuesta de un sistema de abastecimiento de agua potable para el sector C de la vereda basconta en el municipio de Icononzo-Tolima.
- Capera, C. V. (2020). Estadios ninfales de *Anacroneuria* spp. (*Plecoptera: Perlidae*) y su relación con variables fisicoquímicas en tres microcuencas del río Combeima (Ibagué, Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44 (171), 458-470.
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). Water Quality Indexes: Evolution and Trends at the Global Level. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 111-124.
- Céspedes, A.M. F. (2013). Estudio de la familia *Baetidae* (*Ephemeroptera: Insecta*) en una cuenca con influencia de la urbanización y agricultura: río Alvarado-Tolima. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(25).
- Cortés-Guzmán, D., Alcocer, J., & Oseguera, L. A. (2019). Diversidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de los lagos de Montebello, Chiapas. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 90.
- Córdova, S., Gaete, H., Aránguiz, F., & Figueroa, R. (2009). Evaluación de la calidad de las aguas del estero Limache (Chile central), mediante bioindicadores y bioensayos. *Latin american journal of aquatic research*, 37(2), 199-209.

- Custodio Villanueva, M., & Chanamé Zapata, F. C. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7 (1), 33-44.
- Cliff, N. (1988). La regla de los valores propios mayores que uno y la fiabilidad de los componentes. *Boletín psicológico*, 103 (2), 276.
- Domínguez, E., Hubbard, M. D., Pescador, M. L., & Ringuelet, R. A. (1994). *Fauna de agua dulce de la Republica de Argentina: Los Ephemeroptera en Argentina*.
- Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. *Sistemática y biológica. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina*, 656.
- Espinoza, P. A. (2017). *Calidad del agua en el Perú*. DAR.
- Echverry, J. & Londoño, L. (2011). Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire. [Entrada de blog]. <https://ilbca.wordpress.com/>.
- Fernández, N., Ramos, G., & Solano, F. (2004). Una herramienta informática para el análisis y valorización de la calidad de agua. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 2(2), 88-97.
- Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 76 (2), 275-285.
- Flores Rojas, D., & Huamantínco Araujo, A. (2017). Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la cuenca del Jequetepeque (Cajamarca, Perú). *Ecología Aplicada*, 16(2), 105-114.
- Forero Duarte, J. (2017). Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta de río frío Tabio, Cundinamarca. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana Bogotá.

- Gallozo, A., & Yauri, J. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua, relacionados con metales pesados en la sub cuenca Yanayacu-Ancash, setiembre 2015-abril 2016. (Tesis de grado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Gálvez, J. J. O. (2012). *Cartilla Técnica: ¿Qué es cuenca hidrológica?* Sociedad geográfica de Lima.
- García, R. (2016). Diversidad de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca alta del río Chillón-Lima, Perú y su uso como indicadores biológicos. (Tesis de grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- García Charria, W. (2015). El sistema complejo de la cuenca hidrográfica. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/Sistema%20CuencaHidrogr%20Elfica.Pdf.
- Gonzalez Cordoba, M., Zúñiga, M. D. C. Giraldo, L. P., Ramírez, Y. P., & Chará, J. (2020). Sensibilidad de Elmidae (*Insecta: Coleoptera*) a la perturbación del hábitat y la calidad fisicoquímica del agua en ambientes lóticos de los andes colombianos.
- Ingaluque, E. (2017). Índice biótico andino [*Entrada de Blog*]. <https://es.scribd.com/document/364399849/Indice-Biotico-Andino>.
- Jáimez-Cuéllar, P., Vivas, S., Bonada, N., Robles, S., Mellado, A., Álvarez, M., ... & Prat, N. (2002). Protocolo GUADALMED (prece). *Limnetica*, 21(3-4), 187-204
- Ministerio del ambiente. (2016). Glosario de términos sitios contaminados. <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>.
- Ministerio del ambiente. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. <File:///C:/Users/Usuario/Downloads/ds-004-2017-minam.pdf>.

- Molina, C. I., Gibon, F. M., Pinto, J., & Rosales, C. (2008). Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río alto andino de la cordillera real, Bolivia: variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. *Ecología aplicada*, 7(1-2), 105-116.
- Moreira, R. M. P., Ferreira, J. M., Takahashi, L. S. A., Vanconcelos, M. E. C., Geus, L. C., & Botti L. (2009). Potencial agronómico y divergencia genética entre genotipos de feijao-vagem de crescimento determinado Agronomic potential and genetic divergence among genotypes of Bush snap bean. *Semina. Ciências Agrarias*, 30, 1051-1060.
- Moscoso, J. (2016). Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas. *Autoridad Nacional de Agua: Lima, Perú*. 226.
- Moya, N., Gibon, F. M., Oberdorff, T., Rosales, C., & Domínguez, E. (2009). Comparación de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos intermitentes y permanentes del altiplano boliviano: implicaciones para el futuro cambio climático. *Ecología aplicada*, 8(1-2), 105-114.
- Muñoz, C. (2016). *Caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río grande Celendín- Cajamarca* (Doctoral dissertation, Tesis para optar el título de ingeniero ambiental. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. 109p).
- Núñez, J. C., & Fragoso-Castilla, P. J. (2019). Uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de contaminación del agua de la ciénaga Mata de Palma (Colombia). *Información tecnológica*, 30(5), 319-330.
- Londoño, J. C. J. (2002). Importancia de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *Revista Ingeniería Universidad de Medellín*, 1(1), 93-98.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. (2019). Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos. <http://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/>.

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. (2018). Calidad del agua en las américas riesgos y oportunidades. <https://www.ianas.org/images/books/wb09.pdf>.
- Payeras, A, (2013). Bonsái Menorca. [Entrada Blog]. <http://www.bonsaimenorca.com/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego-/#Par%C3%Almetros%20F%C3%ADscos>.
- Palomino, P. (2016). *Macroinvertebrados acuáticos bentónicos (MAB) y su relación con la calidad del agua en el río Mashcón-Cajamarca, 2016* (Doctoral dissertation, Tesis de título profesional).
- Paredes, C., Iannacone, J., & Alvarino, L. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Revista peruana de Entomología*. 44 (1), 107-118.
- Pareja, S. R., Lemus, F. A., Pisco, R, R., Gamboa, J. A.Q., & Rojas, E.I. L. (2011). Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo en cultivos de mora, pasto y aguacate. *Revista Facultad Nacional de Agronomía- Medellín*, 64(1), 5793-5802.
- Pascual, G., Iannacone, J., & Alvarino, L. (2019). Macroinvertebrados bentónicos y ensayos toxicológicos para evaluar la calidad del agua y del sedimento del río Rimac, Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4), 1421-1442.
- Pastran, M. (2017). Evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de macroinvertebrados bentónicos, como bioindicadores: estudio de caso en el río Suárez Chiquinquirá-Boyacá. (Tesis de grado). Universidad Libre.
- Prat, N. (1998). Bioindicadores de calidad de las aguas Memorias del curso de bioindicadores de Calidad del Agua. *Medellín: Universidad de Antioquia*.
- Porto, J. P., & Merino, M. (2016). Definición de Recursos hídricos. Retrieved from *Definición website: https://definicion.de/recursos-hídricos*.

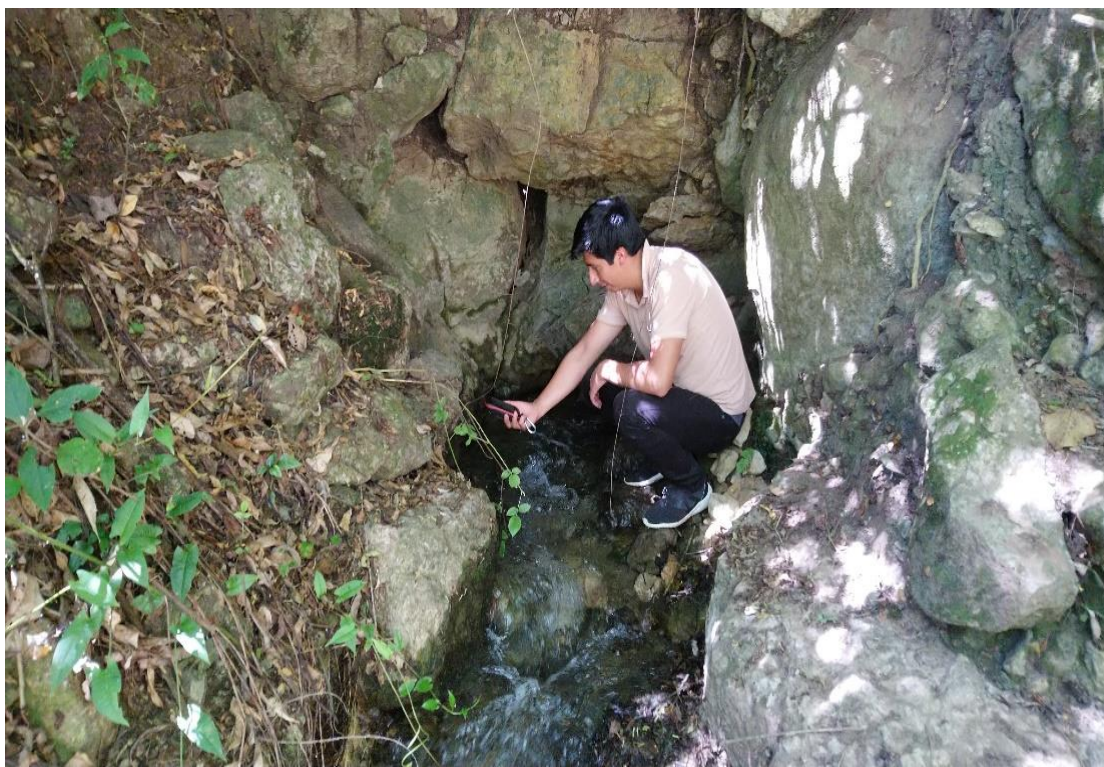
- Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274.
- Pérez, G.R. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP Col.* Universidad de Antioquia.
- Pimentel Jara, H. F. (2014). Análisis desde la perspectiva de los Índices bióticos, EVCA-Agua y manejo adaptativo; usando macroinvertebrados bentónicos en ríos altoandinos-Camisea 2009-2012. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Polo, J., Castillo, F., & Hora, M. (2014). Calidad biológica del agua del río Amojú. Jaén, Cajamarca. 2013. *Revista de Investigación Universitaria*, 1(2), 43-55.
- Regazzi, A. J. (2001). Análise multivariada. Vicoso: Universidad Federal de Vicoso, Centro de Ciencias Exatas e Tecnológicas. Departamento de Informática, 166p.
- Romero, D., & Tarrillo, H. (2017). Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017. (Tesis de grado). Universidad de Lambayeque.
- Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados del departamento de Antioquía. *Universidad de Antioquía. Medellín, Colombia.*
- Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia.* Antioquía Colombia: Pama Editores Ltda.
- Roldán Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274.

- Ríos-Touma, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical*, 62, 249-273.
- Rivera, J. (2011). Relación entre la composición y biomasa de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y las variables físicas y químicas en el humedal Jaboque Bogotá-Colombia. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, J., Serna, J., & Sánchez, J. (2016). Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos. *Logos ciencia & Tecnología*, 8(1), 159-167.
- Sánchez Bustamante, E. F. (2018). Determinación de la contaminación orgánica a través de macroinvertebrados bentónicos en un sector del río Chotano, distrito de Chota-2017. (Tesis de grado). Universidad Cesar Vallejo.
- Sánchez, D. (2015). Calidad del agua y su control. [Entrada de Blog]. http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf.
- Springer, M., Ramírez, A., & Hanson, P. (2010). Introducción de los grupos de macroinvertebrados acuáticos. Métodos de recolección. Biomonitorio acuático. *Ephemeroptera. Odonata. Plecoptera. Trichoptera. Revista Biología Tropical*, 58(4), 53-59.
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista de Ingeniería e investigación*, 27(3), 172-181.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2019). Pronóstico del tiempo para Chota-Cajamarca. <https://www.senamhi.gob.pe/?=pronostico-detalle-turistico&localidad=0033>.
- Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., & Pujante, A. (2005). Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva del Marco del Agua. *Protocolos de*

muestreo y análisis para invertebrados bentónicos. Ministerio del Ambiente. Confederación Hidráulica del Ebro. Madrid.

- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. *Revista de Ingenierías*, 8(15), 79-94.
- Tomanoya, S., & Tedesco, P. A. (2007). Tamaño corporal, tolerancia ecológica y potencial de bioindicación de la calidad del agua de *Anacroneuria* spp. (*Plecoptera: Perlidae*) en América del Sur. *Revista de biología tropical*, 55(1), 67-81.
- Vásquez, M., & Medina, C., (2015). Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en la cuenca del río Tablachaca (Ancash, Perú) 2014. *Revista de Reibol*, 35(2), 75-89.
- Velásquez, L. E., & Escobar, J. S. (2001). *Physa cubensis* Pfeiffer, 1839 (*Pulmonata: Physidae*) en la sabana de Bogotá (Cundinamarca, Colombia). *Actualidades Biológicas*, 23(75), 75-80.

ANEXOS



Anexo 1: Georreferenciación de las estaciones de muestreo



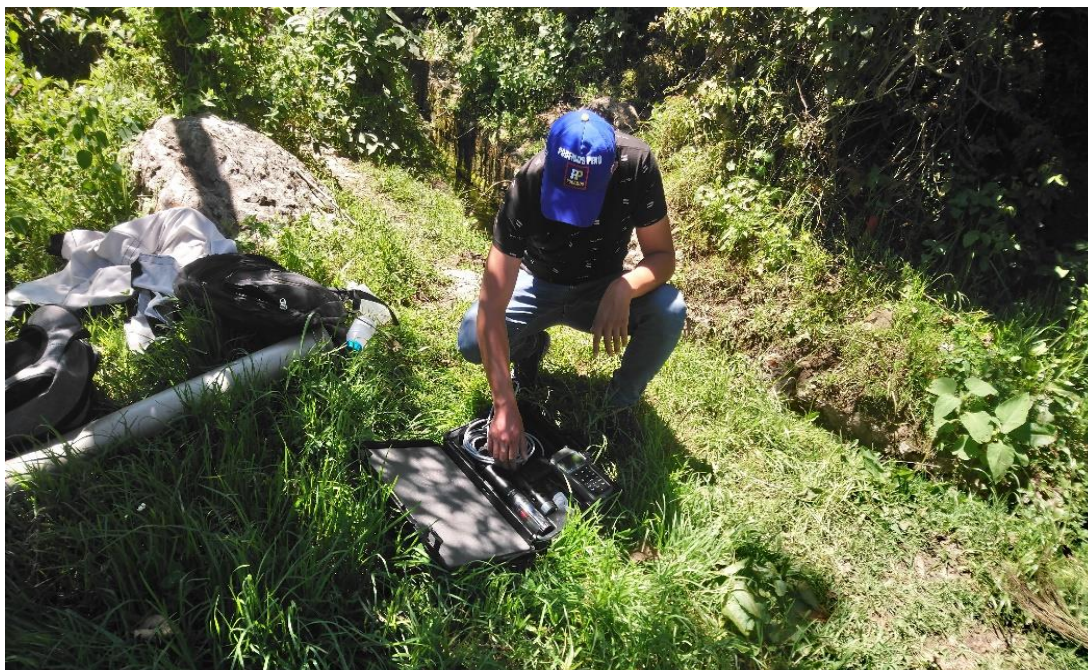
Anexo 2: Captura de macroinvertebrados bentónicos



Anexo 3: Colocación de macroinvertebrados en depósitos



Anexo 4: Adición de alcohol al 96%



Anexo 5: Equipo multiparamétrico



Anexo 6: Determinación de parámetros fisicoquímicos in situ



Anexo 7: Toma de muestras para determinar nitratos



Anexo 8: Determinación de nitratos en el laboratorio de la UNACH



Anexo 9: Medición del caudal con un correntómetro



Anexo 10: Determinación de macroinvertebrados bentónicos a nivel de familia.

Macroinvertebrados encontrados en el río Yanayacu.

Perlidae

<i>Phylum</i>	<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>



Anexo 11: Representante de la familia Perlidae

Hyaellidae

<i>Phylum</i>	<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>
<i>Arthropoda</i>	<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>



Anexo 12: Representante de la familia Hyaellidae

Polycentropodidae

<i>Phylum</i>	<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>



Anexo 13: Representante de la familia *Polycentropodidae*

Psephenidae

<i>Phylum</i>	<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>



Anexo 14: Representante de la familia *Psephenidae*

Elmidae (Cylloepus sp)

Phylum	Clase	Orden	Familia
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i> (<i>Cylloepus sp</i>)



Anexo 15: Representante de la familia *Elmidae (Cylloepus sp)*

Elmidae (macrelmis sp)

Phylum	Clase	Orden	Familia
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i> (<i>macrelmis sp</i>)



Anexo 16: Representante de la familia *Elmidae (macrelmis sp)*

Tipulidae (bellardina sp)

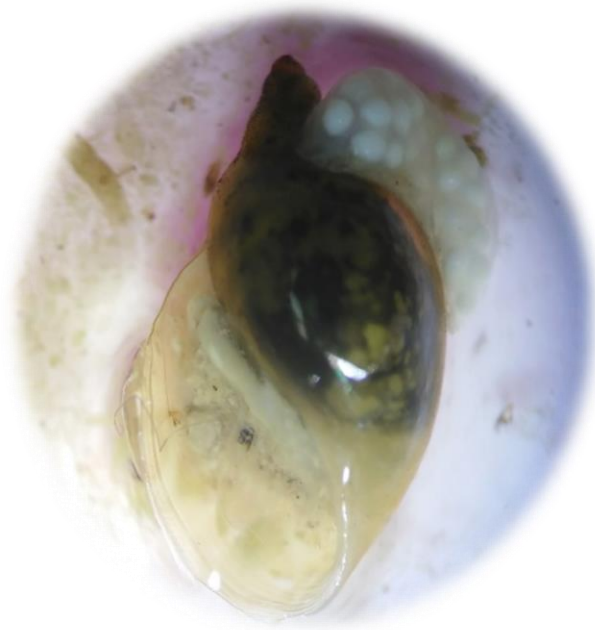
<i>Phylum</i>	<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i> <i>(bellardina sp)</i>



Anexo 17: Representante de la familia *Tipulidae (bellardina sp)*

Physidae

<i>Phylum</i>	<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>
<i>Mollusca</i>	<i>Gastropoda</i>	<i>Basommatophora</i>	<i>Physidae</i>



Anexo 18: Representante de la familia *Physidae*

ptilodactylidae

Phylum	Clase	Orden	Familia
		<i>Coleoptera</i>	<i>ptilodactylidae</i>



Anexo 19: Representante de la familia *ptilodactylidae*

Philopotamidae

Phylum	Clase	Orden	Familia
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Philopotamidae</i>



Anexo 20: Representante de la familia *Philopotamidae*

Tipulidae (Eriocera sp)

Phylum	Clase	Orden	Familia
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i> <i>(Eriocera sp)</i>



Anexo 21: Representante de la familia *Tipulidae (Eriocera sp)*

Baetidae

Phylum	Clase	Orden	Familia
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>



Anexo 22: Representante de la familia *Baetidae*