

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**“Determinación de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua para uso recreacional en la parte alta del río Cumbaza”**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autores:**

Josué Jhonatan Alcántara García

Jhonny Huaman Villegas

**Asesor:**

Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra

**Tarapoto, noviembre 2020**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

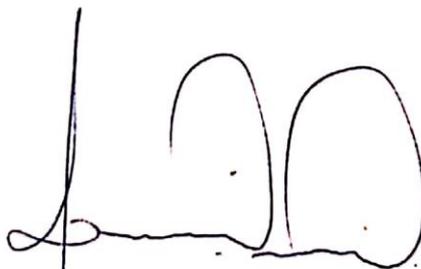
Mtro. Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Determinación de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua para uso recreacional en la parte alta del río Cumbaza”** constituye la memoria que presenta los Bachilleres Josué Jhonatan Alcántara García y Jhonny Huaman Villegas para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 17 días del mes de febrero del año 2022.



Mtro. Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra



## **Dedicatoria**

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijos, son los mejores padres.

A nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres: Oscar, Edelinda, Artemira y Francisco, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión – Filial Tarapoto, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

## Índice

Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Índice .....	vi
Índice de figuras .....	viii
Índice de tablas.....	ix
Índice de anexos .....	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
Capítulo 1 .....	13
Introducción .....	13
1.1    Identificación del problema.....	13
1.2    Objetivos .....	15
1.2.1    Objetivo general .....	15
1.2.2    Objetivo específicos .....	15
1.3    Justificación.....	16
1.4    Presuposición filosófica .....	17
Capítulo 2 .....	19
Revisión de literatura.....	19
2.1    Fundamentos del objeto de estudio .....	19
2.1.1    Calidad del agua.....	19
2.1.2    Macroinvertebrados bentónicos .....	20
2.1.3    Fuentes dulceacuícolas.....	26
2.2    Métodos para la acción del objeto de estudio.....	28
2.3    Antecedentes de la investigación.....	29
Capítulo 3 .....	31
Materiales y Métodos .....	31

3.1	Materiales y equipos .....	31
3.2	Metodología .....	32
3.2.1	Reconocimiento y selección del área a observar .....	32
3.2.2	Monitoreo de los balnearios .....	33
3.3	Población y muestra .....	38
3.4	Hipótesis .....	38
3.5	Variables de estudio .....	39
3.6	Operacionalización de variables.....	39
3.7	Técnicas de recolección de datos .....	39
3.7.1	Técnicas de recolección para macroinvertebrados .....	39
3.7.2	Técnicas para parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....	40
3.8	Plan de procesamiento de datos .....	40
Capítulo 4 .....		41
Resultados y Discusión .....		41
4.1	Resultados .....	41
4.1.1	Calidad biológica del agua de río Cumbaza .....	41
4.1.2	Parámetros Fisicoquímicos .....	44
4.1.3	Relación entre el índice BMWP los parámetros fisicoquímicos .....	45
4.2	Discusión.....	50
4.2.1	Sobre la calidad biológica del agua del río .....	50
4.2.2	Sobre los parámetros fisicoquímico .....	50
4.2.3	Sobre la correlación de Pearson entre BMWP y parámetros fisicoquímicos	51
Capítulo 5 .....		52
Conclusiones y Recomendaciones .....		52
5.1	Conclusiones.....	52
5.2	Recomendaciones .....	52
Referencias.....		53
Anexos .....		57

## Índice de figuras

Figura 1. Orden Plecóptera .....	22
Figura 2. Orden lepidóptera .....	22
Figura 3. Orden megalóptera .....	23
Figura 4. Orden díptera .....	23
Figura 5. Orden Trichóptera.....	24
Figura 6. Orden coleóptera .....	24
Figura 7. Orden Hemípteros.....	25
Figura 8. Orden decápoda .....	26
Figura 9. Orden tricládida.....	26
Figura 10. Gráfico de dispersión de las variables fisicoquímicas versus el índice BMWP en la estación lluviosa .....	47
Figura 11. Gráfico de dispersión de las variables fisicoquímicas versus el índice BMWP en la estación seca.....	49

## Índice de tablas

Tabla 1. Puntajes de las familias de macroinvertebrados para el índice BMWP/Col.....	37
Tabla 2. Clasificación de las aguas de acuerdo al índice BMWP/Col.....	38
Tabla 3. Operacionalización de variables .....	39
Tabla 4. Índice BMWP del balneario I del río Cumbaza en estación lluviosa.....	41
Tabla 5. Índice BMWP del balneario II del río Cumbaza en estación lluviosa.....	42
Tabla 6. Índice BMWP del balneario III del río Cumbaza en estación lluviosa.....	42
Tabla 7. Índice BMWP del balneario I del río Cumbaza en estación seca .....	43
Tabla 8. Índice BMWP del balneario II del río Cumbaza en estación seca .....	43
Tabla 9. Índice BMWP del balneario III del río Cumbaza en estación seca .....	44
Tabla 10. Análisis fisicoquímico de los balnearios en la estación lluviosa .....	44
Tabla 11. Análisis fisicoquímico de los balnearios en la estación seca.....	45
Tabla 12. Correlación de Pearson entre el índice BMWP y los parámetros fisicoquímicos .....	46
Tabla 13. Correlación de Pearson entre el índice BMWP y los parámetros fisicoquímicos .....	48

## Índice de anexos

Anexo 1. Mapa de ubicación de los balnearios .....	57
Anexo 2. Mapa de ubicación de balneario I.....	58
Anexo 3. Mapa de ubicación de balneario II.....	59
Anexo 4. Mapa de ubicación de balneario III.....	60
Anexo 5. Materiales para la recolección de muestras.....	61
Anexo 6. Recolección de muestras.....	62
Anexo 7. Cadena de custodia .....	63
Anexo 8. Colecta de macroinvertebrados con la red surber .....	64
Anexo 9. Macroinvertebrados colectados.....	65
Anexo 10. Identificación de macroinvertebrados según el índice BMWP.....	66
Anexo 11. Materiales flotantes en el río Cumbaza .....	71
Anexo 12. Certificado de recuento de macroinvertebrados bentónicos .....	72

## Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar la calidad del agua para uso recreacional del río Cumbaza que se ubica en la región de San Martín. Para determinar la calidad del agua se usó la metodología del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) mediante la captura de macroinvertebrados, siendo este un método simple, confiable y que usa pocos recursos. Además, se usaron indicadores como los análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Se determinó tres puntos de monitoreo denominados balnearios y en dos diferentes tiempos (estación lluviosa y estación seca). Los puntos se ubicaron a lo largo del río Cumbaza entre los distritos de San Roque de Cumbaza y San Antonio de Cumbaza. En la estación lluviosa, el balneario I, presentó buena calidad; mientras que los balnearios II, III presentaron una calidad aceptable. Por otro lado, en la estación seca, los balnearios I, II presentaron una buena calidad, mientras que el balneario III, una calidad crítica. Los parámetros que no cumplen el ECA para aguas superficiales destinadas a recreación de contacto primario, en los tres balnearios son: Los materiales flotantes de origen antropogénico, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Se encontró correlación significativa entre el índice BMWP y la concentración de *Escherichia coli*, obteniéndose un coeficiente de correlación de -1, es decir a mayor valor del índice BMWP, menor cantidad de *E. coli*. Se concluye que el uso de macroinvertebrados bentónicos es una metodología confiable para determinar la calidad del agua para uso recreacional.

Palabras clave: Bioindicadores, Río Cumbaza, Agua de uso recreacional.

## Abstract

The objective of this study was to determine the quality of the water for recreational use of the Cumbaza River, which is located in the San Martín region. To determine water quality, the methodology of the Biological Monitoring Working Party (BMWP) index was used by capturing macroinvertebrates, this being a simple, reliable method that uses few resources. In addition, indicators such as physicochemical and microbiological analyzes were used. Three monitoring points called spas were determined and at two different times (rainy season and dry season). The points were located along the Cumbaza River between the districts of San Roque de Cumbaza and San Antonio de Cumbaza. In the rainy season, Spa I, presented good quality; while spas II, III presented an acceptable quality. On the other hand, in the dry season, spas I, II presented a good quality, while spa III, a critical quality. The parameters that do not meet the ECA for surface waters intended for primary contact recreation, in the three spas are: Floating materials of anthropogenic origin, thermotolerant coliforms and *Escherichia coli*. A significant correlation was found between the BMWP index and the concentration of *Escherichia coli*, obtaining a correlation coefficient of -1, that is, the higher the BMWP index, the lower the amount of *E. coli*. It is concluded that the use of benthic macroinvertebrates is a reliable methodology to determine the quality of water for recreational use.

Keywords: Bioindicators, Cumbaza River, Water for recreational use.

## Capítulo 1

### Introducción

#### 1.1 Identificación del problema

El crecimiento poblacional origina una demanda de recursos naturales, y la principal consecuencia es la disponibilidad de agua dulce en cantidad y calidad para el consumo humano (Gil, Vizcaino & Montaña, 2018).

La calidad del agua depende del nivel de contaminación, siendo este un indicador para su uso. Las aguas de los ríos son contaminadas por dos causas: naturales y/o antrópicos, cuyos elementos deben ser cuidadosamente examinados y cumplir con los parámetros de inspección de calidad que las autoridades competentes establecen. Para comprobar el nivel de calidad de las aguas, se obtienen indicadores, en base a muestras que permiten obtener una serie de índices, estos índices son: fisicoquímicos y biológicos; siendo necesarios para determinar su calidad (Álvarez, Cabrera, & Loja, 2013)

Una deficiente calidad de las fuentes de agua afecta la condición de los ecosistemas y por ende la vida de los seres vivos. Los seres humanos vienen usando los cuerpos de agua como medios para la eliminación de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas; que deterioran la calidad de esos cuerpos de agua (Gil et al., 2018)

Las consecuencias de tener una fuente de agua contaminada, contrae un sin número de problemas, dado que el agua es fuente de vida de todo organismo viviente sobre la faz de este planeta.

Comúnmente se ha venido evaluando calidad del agua mediante análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, en estos últimos tiempos, varios países han permitido evaluar la calidad de los medios acuáticos mediante macroinvertebrados (Roldán, 2016)

El río Cumbaza es un segmento de la micro cuenca del Cumbaza, es de vital importancia para la población aledaña, ellos vienen explotándolo mediante el ecoturismo, el cual tiene buena acogida por la población local y foránea. Frente a la frecuencia de turistas que visitan sus aguas, las cuales son usadas como balnearios, surgen la siguiente incógnita, ¿sus aguas son aptas para el uso recreacional?; (Cabrera, 2017) logro identificar los siguientes parámetros microbiológicos como los Coliformes Termotolerantes (fecales), Escherichia Coli que sobrepasaron los ECA-Agua para el uso recreacional en el sector Cancún, lo cual nos hace dudar sobre la calidad de los demás balnearios del río Cumbaza; se le suma a la problemática la población de los distritos de San Roque, San Antonio de

Cumbaza, quienes se encuentran en la zona alta de la microcuenca, estas municipalidades echan sus aguas servidas directamente hacia el río, sin previo tratamiento.

La micro cuenca del Cumbaza se encuentra ubicada entre las Provincias de San Martín y Lamas, departamento de San Martín. "Se origina en el lado occidental de la Cordillera Escalera, en territorios de las comunidades Nativas de Aviación, Chiricyacu y Chunchiwi; sus aguas recorren hacia el lado suroeste de la Cordillera y desemboca en el río Mayo. En su recorrido pasa por poblados de los distritos de San Roque de Cumbaza, y Rumizapa, de la provincia de Lamas; y en la parte media y baja por poblados de los distritos de San Antonio de Cumbaza, Cacatachi, Morales, Tarapoto, La Banda de Shilcayo y Juan Guerra de la provincia de San Martín. La cuenca está entre las cotas altitudinales 350 y 1,800 m.s.n.m." ( Centro de Desarrollo e Investigación de la Selva Alta, 2003)

"Los principales tributarios del río Cumbaza se originan en la Cordillera Escalera: las quebradas Shucshuyacu, Añaquihui, Cachiyacu, Shilcayo, Ahuashiyacu y Pucayacu. La diversidad biológica y los recursos naturales que alberga en sus ecosistemas tienen singular importancia para las poblaciones de la cuenca, y constituye la fuente principal de suministro de agua para consumo humano, actividades productivas como el cultivo de arroz y el tabaco bajo riego, la piscicultura, y el turismo y recreación por sus atractivos paisajes e impresionantes cataratas como el Ahuashiyacu, Toroyacu, Huacamaillo, entre otros. Por estos valores, las partes altas de estas microcuencas, con la excepción del Shucshuyacu, forman parte del Área de Conservación Regional Cordillera Escalera por establecerse, como un medio para gestionar la conservación y protección de la cuenca" ( Centro de Desarrollo e Investigación de la Selva Alta, 2003)

"Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0.5mm hasta alrededor de 5.0mm, por lo que se les puede observar a simple vista. Es un hecho que la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos; por ello, los métodos de evaluación basados en dichos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace varias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua. Los países de la Unión Europea y Norte América han sido los líderes en este proceso" (Gaufin & Tarzwell, 1952)

Esta investigación tiene como finalidad determinar la calidad del agua del Río Cumbaza mediante indicadores biológicos (macroinvertebrados bentónicos), para el uso

recreacional. Ya que este tipo de uso viene siendo explotando por la población local, nacional y extranjera, en su afán de buscar aventura y escaparse del abrumador calor que azota la selva de San Martín.

Tal es su uso que no toman en consideración la calidad del agua donde se recrean; que se prevé enfermedades infectocontagiosas en los bañistas del Cumbaza; debido a que esta corriente de agua es vertedero de las aguas servidas municipales de las poblaciones que se asienta a su margen.

No solo las aguas servidas vienen siendo un problema para esta corriente de agua; a esto se suman los desechos abandonados por los bañistas; estos tienen frecuencia los fines de semana y fiestas como San Juan. Después de estas actividades los bañistas dejan las orillas del río Cumbaza cubiertas de basura, esparcida por los sectores de Cancún, San Pedro, San Antonio de Cumbaza y San Roque; tras ser visitado por decenas de personas que buscaron una tarde de distracción durante San Juan, la fiesta más importante de la Amazonia peruana, los vecinos de la zona invocan a las autoridades locales a enviar personal de baja policía a recoger los desperdicios (Diario voces, 2015)

La determinación de la calidad del agua del río Cumbaza es de vital importancia; porque la población aledaña depende económica, social y cultural de ella mediante el ecoturismo. Esta al no tener las condiciones necesarias para recibir a los bañistas, perdería su valor como fuente de recreación y de ingresos; se suma a la ecuación, el abastecimiento de agua para consumo humano y uso agrícola.

¿Los macroinvertebrados bentónicos son determinantes para la calidad del agua de uso recreacional en la parte alta del río Cumbaza?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Determinar la calidad del agua para uso recreacional mediante macroinvertebrados bentónicos en la parte alta del río Cumbaza.

### **1.2.2 Objetivo específicos**

- Determinar la calidad del agua de río Cumbaza mediante el índice biológico BMWP/Col.

- Determinar la concentración los principales parámetros fisicoquímicos de los diferentes balnearios del río Cumbaza, para comparar con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua para uso recreacional.
- Correlacionar el índice biológico BMWP/Col con los principales parámetros asociados a la calidad de agua para uso recreacional.

### **1.3 Justificación**

“El agua es uno de los recursos naturales más abundante e indispensable para la vida, su calidad es un factor que incide directamente en la conservación de los ecosistemas y el bienestar humano, la cual se define por su uso final” ( Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2015).

El crecimiento poblacional en nuestro país ha ido en aumento en estos últimos tiempos, al igual que las actividades industriales generadas por los sectores minero energético, hidrocarburos, agrícola, pesquero, saneamiento, entre otros, son factores claves que a nivel nacional contribuyen al deterioro de la calidad del agua, a esto se suma el cambio climático (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2017). Por otro lado, los cambios en las características fisicoquímicas (parámetros inorgánicos) en la calidad del agua, están influenciados no solo por factores antropogénicos antes mencionados, sino por la interacción combinada de diversos procesos naturales tales como las condiciones geológicas, erosión natural, entre otros (ANA, 2017).

Asimismo, “la ANA desde el año 2009 viene realizando monitoreos participativos de la calidad del agua, con el fin de diagnosticar el estado de calidad de las fuentes naturales de agua en función a los Estándares Nacionales de Calidad de Agua (ECA- Agua) según la categorización asignada por la Autoridad y la identificación de fuentes contaminantes en las cuencas hidrográficas a nivel nacional. Por lo expuesto, es necesario diseñar una herramienta que permita resumir y promediar la calidad del agua y expresar los resultados de manera simplificada facilitando su manejo, interpretación y comparación por parte de los especialistas de calidad de agua, actores vinculados con la gestión y administración de los recursos hídricos y el público en general” (ANA, 2017).

“Las inversiones en agua potable y saneamiento contribuyen al crecimiento económico. Según cálculos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), por cada dólar estadounidense (USD) invertido se recuperan entre 3 y 34 USD, dependiendo de la región y la tecnología” (Hutton & Haller, 2004)

Importantes fuentes de agua se encuentran en la microcuenca del río Cumbaza, estas son usadas como abastecimiento de agua potable a las ciudades de Tarapoto y Lamas por parte de EMAPA San Martín, (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, 2014)

De tal manera, la microcuenca del Río Cumbaza representa un ingreso para la región San Martín, ya que de ella depende el servicio de abastecimiento de agua potable, agricultura y turismo; siendo necesario tener conocimiento sobre su actual condición y de ese modo tomar medidas preventivas y/o correctivas.

Es de valioso valor el río Cumbaza para la región San Martín, por lo que es importante su monitoreo continuo y reiteramos que esta no sea la única y última investigación relacionada con la calidad del agua del río Cumbaza. Además, involucramos a las autoridades locales a promover su conservación para el bien de la población actual y la futura.

#### **1.4 Presuposición filosófica**

“El futuro está bajo una terrible amenaza, no solamente para las especies individuales y ecosistemas, sino también toda la biosfera y por lo tanto toda la humanidad. Ciertamente la gente ya está sufriendo y muriendo en gran número como resultado del colapso de ecosistemas en varias partes del planeta” (Dzul, 2013).

“Los seres humanos fueron creados con dos propósitos: primero, tener compañerismo con Dios y ofrecer una respuesta amante hacia su bondad mostrada hacia nosotros; y segundo, cuidar del mundo que él ha hecho a fin de explorar y descubrir sus riquezas, administrándolas y desarrollándolas para beneficio de otros. Estos dos propósitos del acto creador de Dios no están separados” (Gousmett, 1997).

“Este mundo le fue confiado a la pareja edénica para que lo cuidara y cultivara, para que fueran sus guardianes y mayordomos” (Génesis 2:15) citado de RVR, 1960).

El pecado desarrollo corrupción y abuso, con la que hemos tratado a la tierra y a sus criaturas; resumiendo todo esto, el pecado retorció el plan de Dios para la humanidad (White, 1995).

“La Biblia claramente dice que Dios cuida de los seres de la naturaleza” (Mateo 6:25; Lucas 12:22-24) citado de (RVR, 1960); y “en la antigüedad indicó a su pueblo que tratara

con bondad a los animales inferiores que no pueden expresar con palabras sus necesidades y sufrimientos" (White, 1995).

"Elena de White afirma: "En esencia, Dios creó a los seres humanos y a los animales en lo que se podría llamar una relación 'simbiótica', de necesidad mutua, en la que cada uno tenía su papel que desempeñar en la jerarquía creada por Dios" (Dzul, 2013).

Como hijos de Dios, este mundo nos es dado bajo nuestra administración, por tal motivo debemos protegerlo, preservarlo, conservarlo, porque el beneficio es mutuo; y, como profesionales de las ciencias ambientales, no es dada la capacidad de aplicar metodologías que conlleven a un mejor cuidado y conservación del medio ambiente; porque en un día no muy lejano daremos cuenta de nuestras acciones con el creador de este magnífico universo.

## Capítulo 2

### Revisión de literatura

#### 2.1 Fundamentos del objeto de estudio

##### 2.1.1 Calidad del agua

“La paz mundial se ve amenazado principalmente por el cambio climático, la escasez de agua y la degradación del medio ambiente. Existe una clara conexión entre la escasez de agua, la inseguridad alimentaria, la inestabilidad social y los conflictos potencialmente violentos, que a su vez pueden desencadenar e incrementar los patrones de migración en todo el mundo” (UNESCO, 2016).

“Muchos países asiáticos, africanos y de Oriente Medio, así como pequeños estados insulares en desarrollo, son testigos de la migración generalizada agravada por los efectos del cambio climático adversos y la volatilidad política. Varios estudios estiman que para el año 2050 entre 150 y 200 millones de personas podrían ser desplazadas como consecuencia de eventos como la desertificación, la subida del nivel del mar y el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos” (Scheffran y otros, 2012) citado por (UNESCO, 2016).

“Sin embargo, los factores ambientales son solo una parte de la ecuación, ya que el mal gobierno, la inestabilidad política y las cuestiones económicas y religiosas también contribuyen a este fenómeno polifacético y complejo” (UNESCO, 2016).

Para la UNESCO (2016) “el agua es una componente esencial de las economías nacionales y locales, y es necesaria para crear y mantener los puestos de trabajo en todos los sectores de la economía. La mitad de la mano de obra mundial está empleada en ocho sectores que dependen del agua y de los recursos naturales: agricultura, bosques, pesca, energía, producción con uso intensivo de recursos, reciclaje, construcción y transportes”.

La organización mundial (World Resources Institute, 2015) “tiene a cargo de hacer estudios sobre la situación ambiental en el mundo, advirtió que para el caso del recurso hídrico, 33 países enfrentarán estrés hídrico severo para el año 2040, y Perú está ubicando dentro del rango de estrés hídrico alto”.

Mcdonald et al. (2014) en su proyecto Nature Conservancy, “recoge la primera base de datos global de estrés hídrico en más de 500 ciudades, identifica a la ciudad de Lima entre las veinte ciudades del mundo con alto índice de estrés hídrico”.

Si a ello, le agregamos que” el principal obstáculo para la sostenibilidad del agua es la contaminación por la descarga directa de aguas residuales sin previo tratamiento” (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2015). “Entonces nos encontramos ante un problema latente que pone en riesgo la salud, seguridad alimentaria y desarrollo económico sostenible de las presentes y futuras generaciones” (Aquino, 2017)

“Perú, no dispone de herramientas adecuadas para gestionar los recursos hídricos y aguas residuales de forma responsable, eficiente y sostenible. Existen barreras de carácter institucional, financiero y normativo que impiden acelerar el ritmo en dicho ámbito. A razón de ello, se vienen desarrollando acciones, desde la sociedad civil y el Estado, para construir una visión de país en materia del tratamiento y reúso de aguas residuales dentro del marco de cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible trazados al año 2030 y las metas de universalización del servicio de agua y saneamiento” (Aquino, 2017).

El agua es el líquido elemental en este planeta, y su calidad se ve afectada en gran parte por la actividad antrópica. Para que este líquido sea de calidad tiene que estar libre de sustancias y parásitos; el uso que se le dé, también influye en su concepto de calidad y los parámetros que la autoridad competente les otorgue de acuerdo a su uso.

Para establecer la calidad del agua se debe tener en cuenta el uso que se le va a dar; principalmente se le hace evaluaciones de parámetros biológicos, fisicoquímicos y bacteriológicos. Por ejemplo, para determinar el uso recreacional en una fuente de agua en Perú, se debe tener en consideración los ECAs establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

### **2.1.2 Macroinvertebrados bentónicos**

Los macroinvertebrados son animales invertebrados, como lo dice su denominación; se los puede encontrar como insectos, crustáceos, moluscos, y anélidos entre otros que habitan en sistemas dulceacuícolas. Con frecuencia estos son usados como bioindicadores para las evaluaciones de calidad del agua en ríos, debido a que no suelen migrar y tienen un ciclo de vida largo en cotejo con otros organismos. Basado en su comportamiento se puede definir las condiciones de su habitat. No todas las familias de macroinvertebrados conviven en una misma condición de habitat; algunas familias de macroinvertebrados prefieren aguas limpias, mientras que otros sobreviven en aguas contaminadas.

“La reproducción, crecimiento, incidencia y metabolismo están directamente relacionados a la temperatura de su medio; sin embargo, la disponibilidad de cantidad y

calidad de alimentos, pueden estar indirectamente relacionados“ (Anderson y Cummins 1979) citado por (Mafla, 2005).

“Los macroinvertebrados acuáticos son los bichos que se pueden observar a simple vista y tienen tamaños entre 2 milímetros y 30 centímetros. Se les denomina invertebrados porque no tienen huesos (solo exoesqueletos), y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce como las quebradas, ríos, lagos y lagunas” (Mafla, 2005); “además indica que los macroinvertebrados viven en el fondo (bentos) de lagos y ríos, enterrados en el fondo, sobre rocas, y troncos sumergidos, adheridos a vegetación flotante o enraizada, algunos nadan (nectos) libremente dentro del agua o sobre la superficie (neuston)”. Los macroinvertebrados se pueden hallar en dos tipos de ecosistemas: ecosistemas lenticos o de aguas tranquilas y loticos o de aguas rápidas, donde podemos encontrar los grupos más representativos de los macroinvertebrados como los platelmintos (planarias), nematomorfos (gusanos cilíndricos), anélidos (lombriz y sanguijuela), moluscos (caracoles), insectos (zancudos, moscas, escarabajos, etc.), crustáceos (camarones y cangrejos) y arácnidos (arañas).

Dicho de esta forma, los macroinvertebrados bentónicos son todos aquellos que habitan en lo profundo de las fuentes de agua dulce, como son los lagos, quebradas, ríos y lagunas.

Según Mafla (2005) “estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua porque algunos de ellos requieren buenas calidades de agua para sobrevivir; otros, al contrario, resisten crecen y abundan en sitios donde hay contaminación; la autora también menciona la alimentación de los macroinvertebrados, estos bichos tienen una dieta variada que va desde plantas acuáticas, restos de otras plantas, algas, otros invertebrados, peces, pequeños restos de comida en descomposición, elementos nutritivos del suelo, animales en descomposición, elementos nutritivos del agua, plantas en descomposición (detritus) hasta sangre de otros animales”.

Se hará una breve reseña de los órdenes de macroinvertebrados más comunes registrados en zonas tropicales.

#### - **Orden plecóptera**

Son larvas que se encuentran en aguas muy limpias y bien oxigenadas. Sus principales características son tener solo dos colitas lisas (cercis) y ser muy activos, también conocidas como moscas de las piedras (Mafla, 2005)



*Figura 1. Orden Plecóptera*

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente [MAGRAMA] (2012)

#### - **Orden lepidóptera**

Viven en ambientes lóticos y lenticos asociados a la vegetación, pertenece al orden de las mariposas. Estas larvas tejen un saco el cual pegan a las piedras para alimentarse y vivir. Pueden tener un color amarillo y también se pueden encontrar en piedras que tienen el agua muy cerca (Mafla, 2005).



*Figura 2. Orden lepidóptera*

Fuente: MAGRAMA (2012)

#### - **Orden megalóptera**

“Estos insecto viven ocultos bajo las piedra o entre restos orgánicos, y tal vez sean los más grandes y llamativos que se encuentran en el agua, por lo general, su coloración es oscura y se caracterizan por poseer un par de mandíbulas fuertes y grandes” (Roldán, 1988) citado por (Mafla, 2005). “Comúnmente denominados “muerde dedos” por su comportamiento agresivo. Las larvas son predatoras voraces de las charcas y quebradas, y se alimentan hasta de invertebrados, pequeños peces y anfibios del fondo de esta agua” (Henry et al. 1992) citado por (Mafla, 2005)



*Figura 3. Orden megalóptera*

Fuente: MAGRAMA (2012)

#### - **Orden díptera**

Es el orden de mayor distribución sobre el planeta y de los más evolucionados, junto con Lepidoptera y Trichóptera. “El periodo de desarrollo puede ser de una semana como el Simuliidae o hasta de un año como el Tipulidae. Respiran a través de la cutícula (piel) o por sifones aéreos, agallas traqueales y hasta pigmentos respiratorios como la hemoglobina” (Roldan 1996) citado por (Mafla, 2005).



*Figura 4. Orden díptera*

Fuente: MAGRAMA (2012)

#### - **Orden Trichóptera**

Roldán (1988), menciona que “estos insectos se caracterizan por hacer casas o refugios que construyen en estado larval, los cuales sirven a menudo para su identificación. Sus larvas son, generalmente, intolerante a la polución y esto sirve como indicador de la calidad del agua. La mayoría de los Tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal; algunas especies habitan en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas” (Roldán, 1988) citado por (Mafla, 2005)

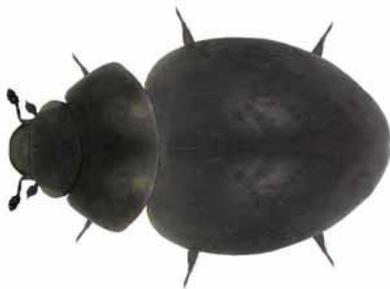


*Figura 5.* Orden Trichóptera

Fuente: MAGRAMA (2012)

#### - Orden coleóptera

Según Roldan (1988) “el nombre de coleóptera se refiere a que estos insectos presentan un primer par de alas coriáceas o élitros los cuales cubren un segundo par que es membranoso en los adultos. Los Coleópteros acuáticos adultos se caracterizan por tener un cuerpo compacto, antenas visibles y, por general, varían en forma y número de segmentos. La mayoría vive en aguas continentales loticas y lenticas, representadas en ríos, quebradas, riachuelos, charcas lagunas, aguas temporales, embalses y represas” (Roldán, 1988) citado por (Mafla, 2005)



*Figura 6.* Orden coleóptera

Fuente: MAGRAMA (2012)

#### - Orden hemípteros

Según MAGRAMA (2012) los Hemípteros tienen antenas de longitud mayor que la cabeza, de cuatro antenómeros. Mesoesterno corto, Coxas medias paralelas al eje central del cuerpo; Tarsos de tres tarsómeros. Uñas con inserción subapical. Son gregarios, Viven en la superficie del agua, principalmente en remansos de ríos; Depredadores y carroñeros, también considerados chinches de agua (Mafla, 2005). “Los Hemípteros viven en

remansos de ríos y quebradas; pocos resisten las corrientes rápidas. Son frecuentes también en lagos, Ciénegas y pantanos. Algunas especies resisten cierto grado de salinidad y las temperaturas de las aguas termales” (Roldán 1988) citado por (Mafla, 2005)



*Figura 7. Orden Hemípteros*

Fuente: MAGRAMA (2012)

#### - **Orden decápoda**

Mafla (2005) afirma que los decápodos son crustáceos con diez patas. Los camarones están ampliamente distribuidos; viven en aguas dulces y salobres, así como en regiones templadas y tropicales. En el continente americano abunda una especie de antenas delgadas que se localiza desde la península de Florida hasta Brasil, se destacan también la especie propia de Centroamérica y la de Perú. Los camarones de agua dulce, nativos de los trópicos, pueden llegar a medir más de 60 centímetros. Tanto en Costa Rica como en Panamá se han registrado dos familias Palaemonidae (camarón con tenazas en el primer par de patas) y Atyidae (camarones sin tenazas), llamados popeyes o burritas.



*Figura 8. Orden decápoda*

Fuente: MAGRAMA (2012)

#### - **Orden tricladida**

Llamadas comúnmente planarias por tener el cuerpo plano. Las hay de colores grises, pardos, amarillentos, blancos o negros, también presentan manchas de diversos colores. “Estos animales, por lo general, son carnívoros, se encuentran en sustratos como las piedras, troncos, ramas o sustratos similares, en aguas de poca profundidad, la mayoría vive en aguas oxigenadas pero algunas especies pueden resistir la contaminación” (Roldan 1996) citado por (Mafla, 2005)



*Figura 9. Orden tricladida*

Fuente: MAGRAMA (2012)

#### **2.1.3 Fuentes dulceacuícolas**

De acuerdo con Alonso & Camargo (2005), los ecosistemas acuáticos son alterados por el material orgánico de las descargas, el cual afecta a las comunidades biológicas de los ecosistemas mencionados. Por esta razón es indispensable realizar monitoreos constantes de los parámetros fisicoquímicos, sin embargo, esta tecnología es muchas veces más costosa frente al uso de bioindicadores como los macroinvertebrados.

Existen diversidad de causas que alteran la calidad de los cuerpos hídricos superficiales, entre ellos tenemos, las descargas de origen antropogénico y a la combinación de factores ambientales en el tiempo (Guzman et al., 2011).

Existe deficiencia en cuanto a la planificación del uso del recurso hídrico en el Perú, ya que las actividades antrópicas utilizan el recurso hídrico y en la mayoría de los casos,

vierten las descargas sin un previo tratamiento, generando con esto impacto a las fuentes hídricas (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2012).

“El recurso agua que se aprovecha para múltiples actividades tiene características globales de contaminación, la cual se origina por el esfuerzo que el país hace por superar su estado de desarrollo. El volumen de agua respecto a la cantidad de uso consuntivo a nivel nacional es de 18,972 MMC, de los cuales el 85.74% son para uso agrícola, 6,66% para uso poblacional, 1.09% para uso minero, 6.09% para uso industrial y 0.42% para uso pecuario, también a esto se debe agregar que el uso no consuntivo es de 11,139 MMC básicamente para fines energéticos” (MINAGRI, 2012)

“Respecto a la calidad de aguas se consideran que existe una descarga anual de 960.5 MMC de desagües sobre el agua superficial, subterránea y marina, de los cuales el 64% pertenece a desagües domésticos, 5.6% desagües industriales 4.4% de desagües pesqueros, 25.4% de efluentes mineros y 0.2% por efluentes petroleros” (MINAGRI, 2012)

“Las aguas son contaminadas por descargas domésticas, con un alto contenido de parásitos y organismos patógenos, por contaminación de los relaves mineros a través de las impurezas que arrojan directamente a los ríos como cobre, plomo, zinc, fierro y plata, o como consecuencia de los procesos industriales que arrojan sustancias tóxicas que luego son evacuados en el cauce de los ríos o quebradas” (MINAGRI, 2012).

“Varios estudios realizados por organizaciones como la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en varias cuencas de Madre de Dios muestran altos niveles de contaminación por metales pesados, incluyendo mercurio, arsénico, plomo, cadmio y níquel. Los ríos de la cuenca del Inambari son los que muestran mayores concentraciones de metales pesados. La concentración de mercurio, arsénico, plomo y níquel, que están entre los metales más tóxicos, superan con creces los máximos permisibles y constituyen un riesgo muy alto para la salud de las personas, así como de la fauna y la flora que habitan estos ecosistemas” (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

En un gran conjunto de ríos de Madre de Dios el mercurio supera el límite máximo permisible. “En algunos casos las concentraciones de mercurio son altísimas, como en el caso de la Quebrada Lazo, que supera en 17255 % los máximos permisibles para la Categoría 1 (agua de uso poblacional y recreacional), y hasta en 347000 % los máximos permisibles para la Categoría 4 (conservación del ambiente acuático). También la contaminación de mercurio en sedimentos es muy alta, triplicando en algunas cuencas los máximos permisibles” (MINAM, 2011)

El río Cumbaza comparte la misma problemática, este viene siendo vertedero de aguas servidas municipales de los distritos que se asientan a sus orillas. Importantes fuentes de agua se encuentran en la microcuenca del río Cumbaza, estas son usadas como abastecimiento de agua potable a las ciudades de Tarapoto y Lamas por parte de EMAPA San Martín, (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, 2014).

## **2.2 Métodos para la acción del objeto de estudio**

“Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos (MIB) pueden emplearse como eficientes indicadores biológicos de la calidad del agua en los ecosistemas dulceacuícolas” (Paredes, 2005).

De acuerdo con Palomino (2016), los macroinvertebrados bentónicos son indicadores biológicos de la calidad de cuerpos hídricos superficiales.

Según Vásquez & Medina (2015) “el uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en diversos ecosistemas acuáticos sigue vigente”.

De Pauw et al. (2016) citado por Pezo (2018), manifiesta que los macroinvertebrados acuáticos son organismos ubicuos y abundantes, por lo que pueden verse afectados por perturbaciones ambientales en distintos tipos de sistemas acuáticos. Su elevado número de especies ofrece un gran número de respuestas a distintos tipos de perturbaciones, tanto físicas como químicas (contaminación orgánica, eutrofización, acidificación, alteración del hábitat, regulación de caudales, canalizaciones, etc.), también su carácter sedentario permite análisis espaciales de las perturbaciones y su largo lapso de vida, en comparación con otros grupos, permitiendo identificar cambios temporales en dichas perturbaciones.

En contraste a los habituales y costosos análisis fisicoquímicos y microbiológicos, que tan sólo proporcionan información exacta e indirecta, la evaluación de las comunidades de macroinvertebrados en los medios acuáticos, con énfasis en insectos, proporcionan una estupenda elección en el diagnóstico de calidad del agua (Huryn & Wallace 2000, Baptista et al. 2001, GALDEAN et al. 2001, Rogers et al. 2002) citado por (Paredes, 2005).

Roldán (2016), menciona que “la comunidad de macroinvertebrados acuáticos mejor estudiada en Colombia es la entomofauna. Los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera son los mejor conocidos en cuanto a su taxonomía, ecología y su utilización como bioindicadores de la calidad del agua”.

### 2.3 Antecedentes de la investigación

Pezo (2018) desarrolló un estudio titulado “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua para regadío del río Cumbaza”. El objetivo de la investigación fue evaluar la calidad del agua del río Cumbaza mediante la relación entre los parámetros fisicoquímicos y la diversidad de macroinvertebrados. El tipo de estudio fue correlacional. Para ello se consideró cuatro estaciones, el periodo de muestreo fue de mayo a octubre del 2015. Se recolectaron 678 individuos, distribuidos en dos clases, 10 órdenes y 21 familias. La calidad de las estaciones fue medianamente contaminada. Asimismo, la mayor diversidad se encontró en la estación II, en el mes de mayo. Por otro lado, en todas las estaciones se cumple el ECA del D.S. 004-2017-MINAM, para riego de vegetales. Se encontró correlaciones positivas y negativas entre los parámetros fisicoquímicos y la diversidad de macroinvertebrados.

Osorio (2018) desarrolló un estudio titulado “Evaluación de la calidad de agua de la Subcuenca del río Temascaltepec mediante el uso de indicadores biológicos”. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad del agua del río utilizando parámetros físico-químicos e indicadores biológicos. La evaluación se realizó en tres estaciones de muestreo y en dos épocas: seca y lluviosa. Para ello se determinaron los parámetros fisicoquímicos como pH, oxígeno disuelto, nitritos amonio y fósforo. Asimismo, para la colecta de macroinvertebrados se trazó un segmento de 10 m de longitud, a lo largo del cauce. Se encontró aguas ligeramente contaminadas en las dos estaciones (seca y lluviosa).

Miranda (2018) desarrolló un estudio titulado “Evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados en el tramo padre carollopaus de la microcuenca hidrografica del río blanco, Morona Santiago”. El estudio tuvo por objetivo evaluar la calidad del río blanco, mediante macroinvertebrados. Para ello se calculó el índice BMWP y los parámetros fisicoquímicos; en tres puntos de muestreo, en periodos lluviosos. Para recolectar los macroinvertebrados se utilizó redes de mano. Se encontró un total de 433 individuos y 15 familias. El método del BMWP, es una técnica rápida para determinar la calidad del agua de un río. Por tanto la calidad del agua del río se ve impactada por las actividades antropogénicas.

Vásquez & Medina (2015) realizaron un estudio titulado “Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Ancash , Perú)”. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad del agua del mencionado río. Para ello se determinó el índice BMWP y algunos parámetros fisicoquímicos: pH, nitratos, fosfatos, cromo, aluminio; en 8 puntos de la cuenca del río

Tablachaca, durante los meses de agosto a diciembre de 2014. Todos los puntos cumple con el ECA para riego de vegetales y bebida de animales, excepto los fosfatos. Asimismo, dos ríos presentaron calidad biológica aceptable, mientras que uno de ellos presentó calidad pésima.

Poblete (2013) desarrolló una investigación cuyo título fue “Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la cuenca del río Chuyugual, La Libertad”. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad del agua de río mencionado utilizando macroinvertebrados bentónicos. Los meses en los que se desarrolló el estudio fueron desde junio a diciembre, en ocho estaciones de muestreo. Se encontró seis clases, 12 órdenes y 28 familias. Los parámetros fisicoquímicos que superaron el ECA fueron: pH, nitrógeno amoniacal, nitritos, fluoruros, y los metales (Cu, Ni, Ag, Zn y Mn).

Palomino (2016) desarrolló un estudio titulado “Macroinvertebrados acuáticos bentónicos (MAB) y su relación con la calidad del agua en el río Mashcón-Cajamarca, 2016”. El objetivo del estudio fue analizar los cambios en la estructura de comunidad de macroinvertebrados y los parámetros fisicoquímicos. Las mediciones se realizaron en cinco estaciones de muestreo. Se encontró elevada cantidad de DBO, DQO y coliformes totales, en los puntos próximos a asentamientos humanos. Por otro lado, el número de individuos de macroinvertebrados fue 1091, distribuidos en siete órdenes, 17 familias. En las estaciones 1 y 2, la familia abundante fue Chironomidae, la cual es un indicador de contaminación. Mientras que en las estaciones 3, 4 y 5, se encontró a la familia Batidae, indicando un alto grado de contaminación.

## Capítulo 3

### Materiales y Métodos

#### 3.1 Materiales y equipos

Para el estudio se usaron los siguientes materiales, equipos y equipos de protección personal.

- Apuntes de campo
- Tablas soportes tamaño oficio
- Lapiceros y plumón indeleble
- Frascos de vidrio con tapa rosca
- Etiqueta para los frascos
- Lupa
- Pinza metálica
- Red de Surber
- Fuente de loza blanca
- Jarra plástica
- Alcohol puro 96°
- Cooler para traslado de muestras
- Cámara fotográfica digital
- GPS
- Medidor multi-parámetro
- Smartphone con mapas de zona
- Botas de jebe
- Guantes

- Mascarilla
- Mandil de plástico
- Casco
- Linterna
- Frascos de boca ancha, en presentaciones de 0.5, 1 litro
- Pegatinas para identificación de muestras
- Hielo seco
- Formatos de campo, cadena de custodia, identificadores de muestra, protocolos impresos.

### **3.2 Metodología**

Los macroinvertebrados bentónicos se recolectaron según el índice biótico del protocolo BMWP/Col “Biological Monitoring Working Party” adaptado en Colombia por (Roldán Pérez, 2003).

#### **3.2.1 Reconocimiento y selección del área a observar**

El distrito de San Antonio de Cumbaza que pertenece a la provincia de San Martín se encuentra a 12 Km de la ciudad de Tarapoto, en este distrito se sitúan dos estaciones a monitorear, una de ellas en el centro poblado de San Pedro que está al ingresar al distrito, y la otra estación se ubica en el centro poblado de San Antonio. La tercera estación se encuentra a 6 Km del centro poblado de San Pedro, el distrito lleva por nombre San Roque de Cumbaza que pertenece a la provincia de Lamas.

En la presente investigación se realizaron tres salidas de campo, que están fueron consideradas como etapas de monitoreo.

En la primera etapa se hizo reconocimiento de área de estudio en donde se planteó monitorear 3 estaciones, que en adelante llamaremos balnearios, en el curso del río Cumbaza. Se tomó estos balnearios por la incidencia de bañistas.

**Balneario I:** se encuentra en la zona de San Roque de Cumbaza a 300 m de puente San Roque aguas arriba, con coordenada Este 340890.40, coordenada Norte 9293707.81

con una elevación 589 msnm. El tramo de estudio es de 100 m aproximadamente, 50 m aguas arriba y 50 m aguas abajo.

**Balneario II:** se encuentra en la zona de San Antonio de Cumbaza a 400 m aguas abajo del puente peatonal que une San Antonio de la parte alta, con coordenada Este 343897.79, coordenada Norte 9291484.57 con una elevación 429 msnm. El tramo de estudio es de 100 m aproximadamente, 50 m aguas arriba y 50 m aguas abajo.

**Balneario III:** se encuentra en la zona San Pedro de Cumbaza a 150 m aguas abajo del puente que une San Pedro de Cumbaza y San Antonio de Cumbaza, con coordenada Este 344224.59, coordenada Norte 9290157.50 con una elevación 400 msnm. El tramo de estudio es de 100 m aproximadamente, 50 m aguas arriba y 50 m aguas abajo.

En los tres balnearios se siguió la recomendación de Pezo (2018), se inicia con un recorrido a lo largo del tramo o área de estudio para identificar los diferentes hábitats de macroinvertebrados: zonas loticas o lenticas, con macrófitos o no, con raíces o con diferentes tipos de sustratos (arena, limo, etc). Asimismo, recomienda, el índice no se debe emplear seguidamente después de un aumento de caudal, ni inmediatamente después de un periodo de sequía. “En ambos casos debe esperarse al menos un mes antes de realizar el muestreo” (Pezo, 2018). La finalidad del recorrido es identificar el uso que se da a las tierras que colindan con el río.

A continuación, tomamos algunas recomendaciones hechas por (Carrera & Fierro, 2001), “A medida que recorre el río observe lo siguiente: ¿La orilla tiene abundante vegetación?, ¿Hay áreas con gran variedad de especies de animales y plantas?, ¿Existen cultivos cerca del río?, ¿Hay ganado en la cuenca cercana?, ¿Existen áreas del río canalizadas, represadas o desviadas para riego?, ¿El agua es torrentosa y transparente, ¿Tiene olores extraños?, ¿Hay basura, plantas o troncos cortando el flujo del agua y creando pozas?, ¿Se arrojan al río desechos sólidos o industriales?, ¿Existen derrumbes en los bancos?, ¿El río tiene muchas corrientes, pozas y rápidos, una a continuación de otra?” (Carrera & Fierro, 2001)

### **3.2.2 Monitoreo de los balnearios**

El monitoreo se realizó en la parte alta del río Cumbaza, teniendo como referencia los tres balnearios antes mencionados.

La segunda y tercera etapa del monitoreo se dividió por periodos, una en el mes de enero y la segunda en el mes de marzo como se había planeado en el perfil del proyecto.

Pero este, debido a situaciones burocráticas y climáticas se postergo hasta los meses de abril y mayo, donde las condiciones climáticas se prestaban para el mes de abril, el final de la temporada de lluvia y para mayo el comienzo de la estación seca o verano en esta parte de la selva peruana.

Para la colecta de macroinvertebrados, toma de muestra de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se consideró dos periodos, en el mes de abril que es la estación de lluviosa en esta parte de la selva, y la segunda colecta se realizó a inicios del mes de mayo donde comienza la estación seca. Se tomará en cuenta para la colecta el índice biótico del protocolo BMWP, considerando todas las familias de macroinvertebrados bentónicos existentes en cada estación de muestreo, estos nos definirán la calidad biológica del agua del río Cumbaza para uso recreacional.

La muestra de macroinvertebrados bentónicos, estuvo constituido por dos réplicas (dos periodos) por punto de muestreo, cubriendo una longitud de 100 m. Asegurándose un muestreo representativo de todos los micro hábitats, con y sin vegetación, zonas de piedras, arenas, en corriente y sin ella, etc.

“Las muestras de agua recolectadas, fueron preservadas y rotuladas, y colocadas en un cooler con refrigerante (ice pack), de tal manera que se asegure su llegada al laboratorio en condiciones de conservación” (Dirección general de Salud Ambiental [DIGESA], 2007)

Necesitamos saber el caudal del balneario, para este caso se usó el método del flotador, “este método se utiliza cuando no se cuenta con equipos de medición y para este fin se tiene que conocer el área de la sección y la velocidad del agua, para medir la velocidad se utiliza un flotador, con él se mide la velocidad del agua de la superficie, pudiendo utilizarse como flotador cualquier cuerpo pequeño que flote: como un corcho, un pedacito de madera, una botellita lastrada” (DIGESA, 2007). Las ecuaciones para calcular el caudal y la velocidad del río son respectivamente:

$$Q = A * v$$

$$v = \frac{e}{t}$$

Siendo:

Q: Caudal  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

A: Área transversal ( $m^2$ )

v: Velocidad  $\left(\frac{m}{s}\right)$

e: Espacio o distancia recorrida por el flotador (m)

t: Tiempo (s)

Para verificar la metodología de determinación de calidad de agua con macroinvertebrados, se contrastó con pruebas fisicoquímicas y microbiológicas.

Se tomó muestras microbiológicas, asimismo se consideró los parámetros de Coliformes Termotolerantes y *Escherichia coli* como indicadores de calidad de agua para uso recreacional según el DS N° 004-2017 MINAM.

“La toma de muestra microbiológica se realizó a una profundidad de 20 a 30 cm. Los frascos para las muestras fueron de vidrio y esterilizados, la toma de muestra fue directa, sumergiendo la botella boca abajo, dejando un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo, de manera que el aire contenido en esa zona asegure un adecuado suministro de oxígeno para los microorganismos, hasta el momento del análisis. Estos serán etiquetados por balneario/ número de repetición/ estación; se tomarán 3 repeticiones en el mismo punto en diferentes tiempos, se tomará las muestras en las dos estaciones, considerando las mismas condiciones. Refrigerar a 4° C y trasladarlo al laboratorio en un intervalo de 6 a 24 horas” (DIGESA, 2007)

“En el caso de la toma de muestra para determinar Metales Pesados como es el caso del mercurio y plomo que se usó como indicador para esta investigación, se utilizó frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios de un litro de capacidad (DIGESA, 2007)

Todas las muestras de agua fueron enviadas al laboratorio de ensayo SGS del Perú SAC acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL.

Se usó como indicador un multi-parámetro para la toma de datos como oxígeno disuelto, pH, y turbiedad. “En primer lugar, se midió el oxígeno disuelto y luego el pH, conductividad eléctrica” (DIGESA, 2007)

El parámetro, Materiales Flotantes de Origen Antropogénico según el DS N° 004-2017 MINAM para uso recreacional se midió mediante observación.

A continuación, se toma muestra de todos los hábitats de los macroinvertebrados bentónicos, esto con ayuda de una red surber de 0.5 mm de luz, de malla y una boca de entrada de unos 30 cm de diámetro. “El muestreo se realizó colocando la red a contracorriente y removiendo el sustrato aguas arriba de la manga con la mano y el pie,

realizando un movimiento zigzagueante con la red para que todo el material removido entre a través de ésta. Las piedras deben limpiarse bien dentro de la red, así como troncos, raíces, masas de algas, etc. El muestreo se realizó en sentido contrario a la corriente de agua para evitar que la perturbación haga huir a los animales. Se eligió la red surber porque es útil en ríos de poca profundidad, con corrientes más o menos torrentosas y fondo de piedras pequeñas” (Carrera & Fierro, 2001)

El contenido de cada redada, se vació, en una fuente de preferencia color blanco para por identificar como mucha más facilidad. Las muestras colectadas fueron almacenadas en envases de vidrio con tapas roscas, rotuladas y fijados en alcohol al 70%.

Para la identificación de los macroinvertebrados bentónicos se utilizó el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión filial Tarapoto. Los macroinvertebrados se separaron y determinaron con ayuda de un Estereoscopio, a nivel de Orden y Familia utilizando claves taxonómicas.

Se consideró valorar las muestras mediante el índice biótico para los ríos de Colombia (iBMWP/Col- Biological Monitoring Working Party), porque tanto la geografía, ecosistemas, ecología y biodiversidad de la selva de Colombia son similares a los de la región San Martín por estar dentro de la selva tropical de la cuenca del Amazonas; Colombia es la región donde se ha trabajado más con los macroinvertebrados acuáticos (Roldán Pérez, 2003)

“Este índice es un aditivo que va sumando puntos según el número de familias encontradas en el cuerpo de agua, cada una de las cuales tiene un valor numérico de 1 al 10, relacionado con su sensibilidad a la contaminación. El valor es más elevado cuanto más intolerable es la familia a la polución o contaminación de la cuenca en estudio” (Poblete, 2013)

En la Tabla 1 se muestra como se valora el índice BMWP/Col tomando como referencia las familias de macroinvertebrados, este método de valoración se usó para las muestras de las tres estaciones y los dos periodos de monitoreo en la parte alta del río Cumbaza.

Tabla 1. *Puntajes de las familias de macroinvertebrados para el índice BMWP/Col*

Familias	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

Fuente: Roldán Pérez (2003)

Asimismo, en la tabla 2 se muestra la clasificación de las aguas de acuerdo al índice BMWP/Col.

Tabla 2. *Clasificación de las aguas de acuerdo al índice BMWP/Col.*

Categoría	Calidad	Valor BMWP	Significado	Color
I	Buena	> 150	Aguas muy limpias	
		101-120	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61-100	Ligeramente contaminadas; se evidencian efectos de contaminación	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Critica	16-35	Agua muy contaminadas	
V	Muy critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas, situación critica	

Fuente: (Roldán Pérez, 2003)

### 3.3 Población y muestra

La población está conformada por las familias de macroinvertebrados que se encuentran en las tres estaciones de monitoreo: Balneario I – San Roque de Cumbaza, Balneario II – San Antonio de Cumbaza y Balneario III – San Pedro de Cumbaza.

La muestra estuvo conformada por las familias de macroinvertebrados atrapados e identificados en las tres estaciones de monitoreo: Balneario I– San Roque de Cumbaza, Balneario II – San Antonio de Cumbaza y Balneario III – San Pedro de Cumbaza.

La investigación es tipo no experimental, de nivel descriptivo porque se observa y describe las variables a estudiar sin llegar a manipular; correlacional, porque los resultados de los índices biológicos BMWP/Col serán correlacionados con los principales parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; transversal, porque se tomarán las muestras en un determinado tiempo y lugar; y longitudinal, porque será repetida en dos periodos de evaluación.

### 3.4 Hipótesis

H<sub>1</sub>: Los macroinvertebrados bentónicos son indicadores de calidad del agua para uso recreacional.

H<sub>0</sub>: Los macroinvertebrados bentónicos no son indicadores de calidad del agua para uso recreacional.

### 3.5 Variables de estudio

#### - Variable independiente

Macroinvertebrados: Los macroinvertebrados son utilizados como bioindicadores de calidad del agua, su presencia, dependiendo de la familia que encontremos, podremos diagnosticar y establecer la calidad de la fuente de agua.

#### - Variable dependiente

Calidad del agua: La calidad del agua es asociada a la presencia de ciertos parámetros fisicoquímicos y biológicos, este dependerá del uso que se le dé. Se han establecido Estándares de Calidad para comprender mejor la calidad del agua, en este caso se toma como referencia los ECAs establecidos en el DS N° 004-2017-MINAM para aguas de uso recreacional.

### 3.6 Operacionalización de variables

La operacionalización de variables del presente estudio se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. *Operacionalización de variables*

Variable	Indicador	Índice de medida
Independiente *Macroinvertebrados	Familias de macroinvertebrados	Índice de diversidad biológica BMWP
Dependiente *Calidad de agua	Parámetros fisicoquímicos y biológicos	- ECA para agua de uso recreacional DS N° 004-2017-MINAM

Fuente: Elaboración propia

### 3.7 Técnicas de recolección de datos

#### 3.7.1 Técnicas de recolección para macroinvertebrados

La técnica consistió en recolectar una muestra significativa de las familias de macroinvertebrados de un determinado tramo del río mediante la caza de macroinvertebrados con la red surber; obtenido la muestra, se procedió a identificar mediante el índice de diversidad biológica BMWP; conforme se identifica, se va asignado puntos según el número de familias encontradas en el cuerpo de agua, cada una de las cuales tiene un valor numérico de 1 al 10, relacionado con su sensibilidad a la polución. El

valor es más elevado cuanto más intolerable es la familia a la polución o contaminación de la cuenca en estudio” (Poblete, 2013).

### 3.7.2 Técnicas para parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Para la toma de datos se sigue el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Las muestras tomadas son enviadas al laboratorio debidamente identificadas con su cadena de custodia. Hay parámetros in situ como el pH, oxígeno disuelto y turbidez, usados para este estudio.

### 3.8 Plan de procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos se usó la estadística descriptiva, nos apoyaremos en el software estadístico SPSS 24, Microsoft Excel y Microsoft Word para presentar los resultados de la investigación.

Para determinar de la relación entre la valoración biológica y los parámetros fisicoquímicos-microbiológicos con la calidad del agua en las tres estaciones de muestreo, se usó la correlación de Pearson; “es la forma numérica en la que la estadística ha podido evaluar la relación de dos o más variables, es decir, mide la dependencia de una variable con respecto de otra variable independiente” (Pezo, 2018).

El coeficiente de correlación lineal de Pearson viene definido por la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Siendo:

r: Coeficiente de correlación de Pearson

$\sigma_{xy}$ : Covarianza

$\sigma_x$ : Desviación típica de x

$\sigma_y$ : Desviación típica de y

## Capítulo 4

### Resultados y Discusión

#### 4.1 Resultados

##### 4.1.1 Calidad biológica del agua de río Cumbaza

La calidad biológica del río Cumbaza se determinó mediante el índice de diversidad biológica (BMWP), considerando las múltiples familias de macroinvertebrados que existen en los lugares donde se realizó la investigación en la estación lluviosa (abril) y estación seca (mayo).

##### 4.1.1.1 Índice biológico BMWP en estación lluviosa

###### - Balneario I

En la tabla 4 se muestra el Índice BMWP del balneario I del río Cumbaza en estación lluviosa (abril). Se encontró siete órdenes y 11 familias, siendo Perlidae, la familia más abundante. Asimismo, el valor del índice BMWP para el balneario I fue 742, correspondiendo a una calidad buena (aguas muy limpias, color azul).

Tabla 4. Índice BMWP del balneario I del río Cumbaza en estación lluviosa

Nº	Orden	Familia	Nº individuos	Abundancia	Puntaje	BMWP
1	Plecoptera	Perlidae	35	34	10	350
2	Ephemeroptera	Baetidae	15	15	7	105
		Ephemerellidae	6	6	7	42
3	Hemiptera	Belostomatidae	7	7	4	28
		Veliidae	3	3	7	21
4	Díptera	Psephenidae	2	2	10	20
		Ceratopogonidae	3	3	5	15
		Tipulidae	2	2	3	6
5	Megaloptera	Corydalidae	3	3	6	18
6	Coleóptera	Elmidae	2	2	6	12
7	Trichoptera	Ecnomidae	25	24	5	125
Total			103	100		742

Fuente: Elaboración propia

### - Balneario II

En la tabla 5 se muestra el Índice BMWP del balneario II del río Cumbaza en estación lluviosa (abril). Se encontró seis órdenes e igual número de familias, siendo Perlidae, la familia más abundante. Asimismo, el valor del índice BMWP para el balneario II fue 66, correspondiendo a una calidad aceptable (ligeramente contaminadas, se evidencian efectos de contaminación, color verde).

Tabla 5. *Índice BMWP del balneario II del río Cumbaza en estación lluviosa*

Nº	Orden	Familia	Nº individuos	Abundancia	Puntaje	BMWP
1	Plecoptera	Perlidae	3	38	10	30
2	Hemiptera	Belostomatidae	1	13	4	4
3	Díptera	Psephenidae	1	13	10	10
4	Ephemeroptera	Ephemerellidae	1	13	7	7
5	Trichoptera	Ecnomidae	1	13	5	5
6	Plecoptera	Perlodidae	1	13	10	10
Total			8	100		66

Fuente: Elaboración propia

### - Balneario III

En la tabla 6 se muestra el Índice BMWP del balneario III del río Cumbaza en estación lluviosa (abril). Se encontró cuatro órdenes e igual número de familias, siendo Ephemerellidae, la familia más abundante. Asimismo, el valor del índice BMWP para el balneario III fue 68, correspondiendo a una calidad aceptable (ligeramente contaminadas, se evidencian efectos de contaminación, color verde).

Tabla 6. *Índice BMWP del balneario III del río Cumbaza en estación lluviosa*

Nº	Orden	Familia	Nº individuos	Abundancia	Puntaje	BMWP
1	Ephemeroptera	Baetidae	1	10	7	7
2	Ephemeroptera	Ephemerellidae	5	50	7	35
3	Trichoptera	Ecnomidae	1	10	5	5
4	Plecoptera	Nemouridae	3	30	7	21
Total			10	100		68

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.2 Índice biológico BMWP en estación seca

##### - Balneario I

En la tabla 7 se muestra el Índice BMWP del balneario I del río Cumbaza en estación seca (mayo). Se encontró cinco órdenes e igual número de familias, siendo Perlidae, la familia más abundante. Asimismo, el valor del índice BMWP para el balneario I fue 727, correspondiendo a una calidad buena (aguas muy limpias, color azul).

Tabla 7. *Índice BMWP del balneario I del río Cumbaza en estación seca*

Nº	Orden	Familia	Nº individuos	Abundancia	Puntaje	BMWP
1	Plecoptera	Perlidae	10	45	10	455
2	Hemiptera	Belostomatidae	2	9	4	36
3	Megaloptera	Corydalidae	2	9	6	55
4	Trichoptera	Ecnomidae	7	32	5	159
5	Odonata	Libellulidae	1	5	5	23
		Total	22	100		<b>727</b>

Fuente: Elaboración propia

##### - Balneario II

En la tabla 8 se muestra el Índice BMWP del balneario II del río Cumbaza en estación seca (mayo). Se encontró siete órdenes y diez familias, siendo Perlidae, la familia más abundante. Asimismo, el valor del índice BMWP para el balneario II fue 308, correspondiendo a una calidad buena (aguas muy limpias, color azul).

Tabla 8. *Índice BMWP del balneario II del río Cumbaza en estación seca*

Nº	Orden	Familia	Nº individuos	Abundancia	Puntaje	BMWP
1	Plecoptera	Perlidae	19	46	10	190
2	Hemiptera	Belostomatidae	7	17	4	28
3	Megaloptera	Corydalidae	1	2	6	6
		Tipulidae	1	2	3	3
4	Díptera	Limoniidae	1	2	4	4
		Rhagionidae	1	2	4	4
5	Coleóptera	Elmidae	1	2	6	6
		Ecnomidae	5	12	5	25
6	Trichoptera	Philopotamidae	4	10	9	36
7	Ephemeroptera	Caenidae	1	2	6	6

Total	41	100	308
-------	----	-----	-----

Fuente: Elaboración propia

### - Balneario III

En la tabla 9 se muestra el Índice BMWP del balneario III del río Cumbaza en estación seca (mayo). Se encontró cuatro órdenes e igual número de familias, siendo Ecnomidae, la familia más abundante. Asimismo, el valor del índice BMWP para el balneario III fue 28, correspondiendo a una calidad crítica (agua muy contaminadas, color naranja).

Tabla 9. Índice BMWP del balneario III del río Cumbaza en estación seca

Nº	Orden	Familia	Nº individuos	Abundancia	Puntaje	BMWP
1	Trichoptera	Ecnomidae	2	40	5	10
2	Plecoptera	Perlodidae	1	20	10	10
3	Ephemeroptera	Caenidae	1	20	6	6
4	Díptera	Thaumaleidae	1	20	2	2
	Total		5	100		28

Fuente: Elaboración propia

## 4.1.2 Parámetros Fisicoquímicos

### 4.1.2.1 Parámetros fisicoquímicos en estación lluviosa

En la tabla 10 se muestra el valor de los parámetros físico-químicos evaluados en la estación lluviosa (abril) de 2019 en los tres balnearios del río Cumbaza. Los parámetros que no cumplen el ECA para aguas superficiales destinadas a recreación del D.S. 004-2017; en los tres balnearios son materiales flotantes de origen antropogénico, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Siendo el balneario II, el que presenta mayor grado de contaminación.

Tabla 10. Análisis fisicoquímico de los balnearios en la estación lluviosa

Parámetro	Unidad	Balneario			ECA
		I	II	III	
Materiales flotantes de origen antropogénico	-	5	4	2	Ausencia
Potencial de hidrógeno	pH	6.8	7.1	6.5	6.0 - 9.0
Oxígeno disuelto	mg/L	5.2	6.8	6.3	≥5
Turbidez	NTU	42	27	38	100

Plomo	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.01
Mercurio	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.001
Coliformes termotolerantes	NMP/100	490	1300	790	200
Escherichia coli	NMP/100	130	230	230	Ausencia

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2.2 Parámetros fisicoquímicos en estación seca

En la tabla 11 se muestra el valor de los parámetros físico-químicos evaluados en la estación seca (mayo) de 2019 en los tres balnearios del río Cumbaza. Los parámetros que no cumplen el ECA para aguas superficiales destinadas a recreación de contacto primario, en los tres balnearios son: Los materiales flotantes de origen antropogénico, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*.

Tabla 11. *Análisis fisicoquímico de los balnearios en la estación seca*

Parámetro	Unidad	Balneario			ECA
		I	II	III	
Materiales flotantes de origen antropogénico	-	3	2	2	Ausencia
Potencial de hidrógeno	pH	7.0	7.3	6.8	6.0 - 9.0
Oxígeno disuelto	mg/L	5.6	6.5	6.9	≥5
Turbidez	NTU	57	40	47	100
Plomo	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.01
Mercurio	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.001
Coliformes termotolerantes	NMP/100	790	490	490	200
Escherichia coli	NMP/100	330	230	230	Ausencia

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3 Relación entre el índice BMWP los parámetros fisicoquímicos

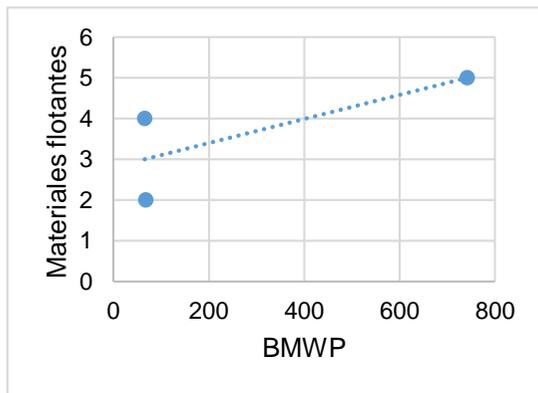
En la tabla 12 se muestra el coeficiente de correlación de Pearson entre el índice BMWP y los parámetros fisicoquímicos en la estación lluviosa (abril) de 2019 en los balnearios del río Cumbaza. La correlación de Pearson fue significativa únicamente entre el índice BMWP y la concentración de *Escherichia coli*, obteniéndose un coeficiente de correlación de Pearson de -1, es decir a mayor valor del índice BMWP, menor cantidad de *E. coli*.

Tabla 12. *Correlación de Pearson entre el índice BMWP y los parámetros fisicoquímicos*

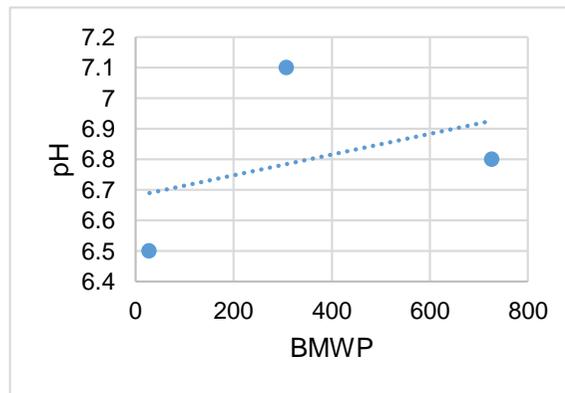
Parámetro	r	p-valor	n
Materiales flotantes de origen antropogénico	0.75	0.456	3
Potencial de hidrógeno	0.00	0.998	3
Oxígeno disuelto	-0.95	0.196	3
Turbidez	0.71	0.499	3
Coliformes termotolerantes	-0.78	0.426	3
Escherichia coli	-1.00	0.002	3

Fuente: Elaboración propia

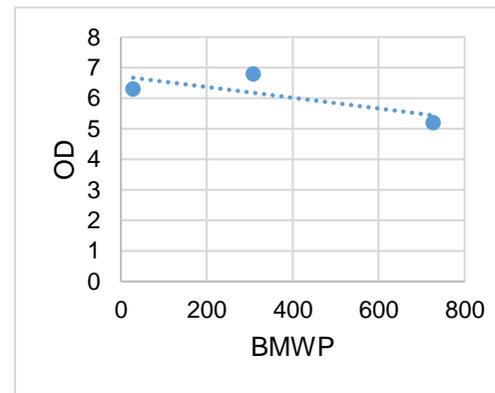
Asimismo, en la figura 10, se muestra el gráfico de dispersión de las variables fisicoquímicas versus el índice BMWP en la estación lluviosa.



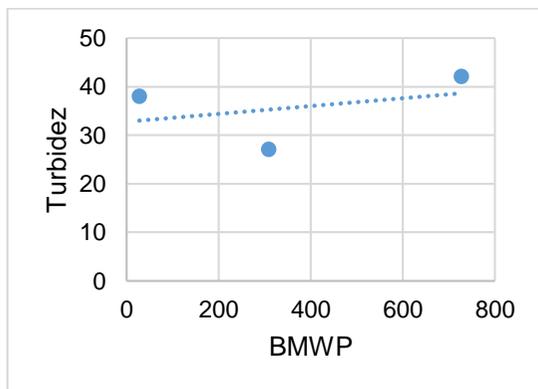
(a)



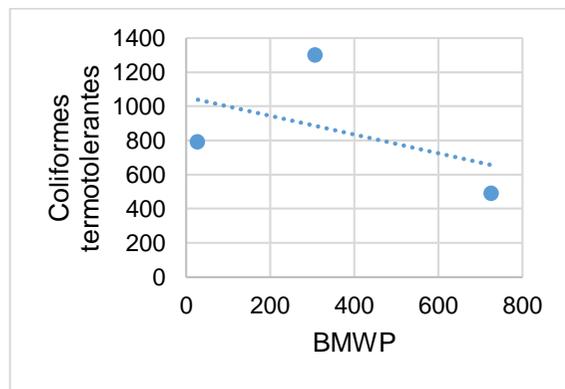
(b)



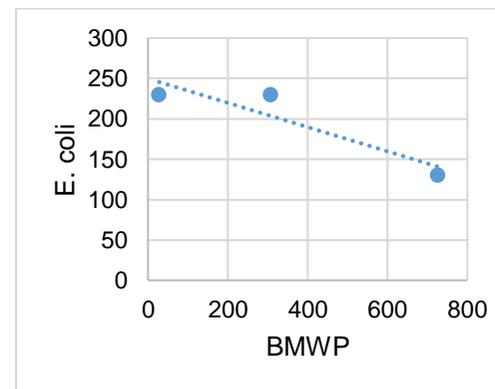
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 10. Gráfico de dispersión de las variables fisicoquímicas versus el índice BMWP en la estación lluviosa

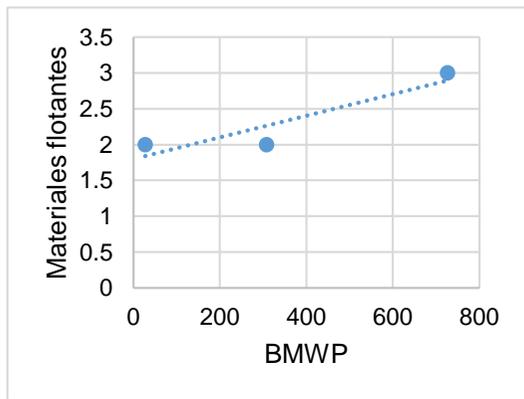
Asimismo, en la tabla 13 se muestra el coeficiente de correlación entre el índice BMWP y los parámetros fisicoquímicos en la estación seca (mayo) de 2019 en los balnearios del río Cumbaza. No se encontró correlaciones significativas, aunque si se asume un 6% de significancia, se obtendría una correlación significativa entre el índice BMWP y el oxígeno disuelto; obteniéndose un coeficiente de correlación de -0.99, es decir a mayor valor del índice BMWP, menor cantidad de oxígeno disuelto.

Tabla 13. *Correlación de Pearson entre el índice BMWP y los parámetros fisicoquímicos*

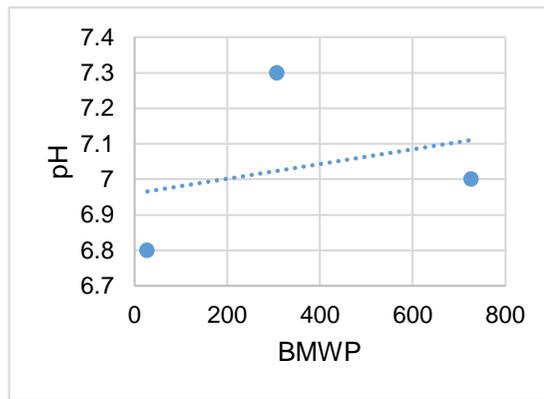
Parámetro	R	p-valor	n
Materiales flotantes de origen antropogénico	0.92	0.261	3
Potencial de hidrógeno	-0.89	0.304	3
Oxígeno disuelto	-0.99	0.066	3
Turbidez	0.67	0.529	3
Coliformes termotolerantes	0.92	0.261	3
Escherichia coli	0.92	0.261	3

Fuente: Elaboración propia

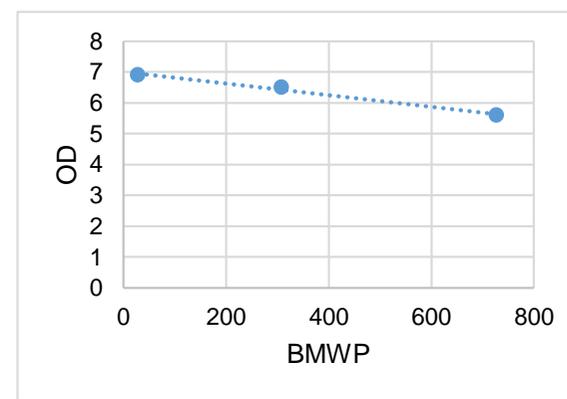
Asimismo, en la figura 11, se muestra el gráfico de dispersión de las variables fisicoquímicas versus el índice BMWP en la estación lluviosa.



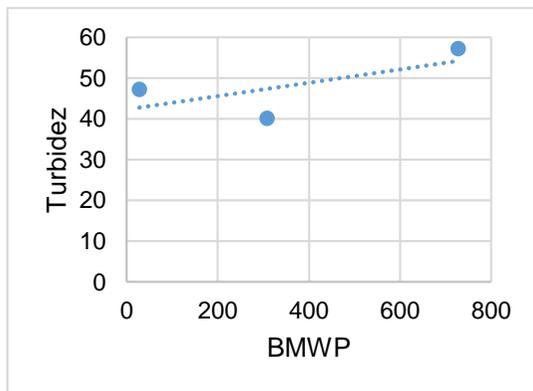
(a)



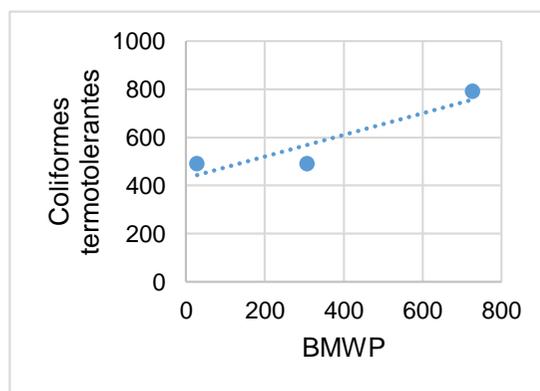
(b)



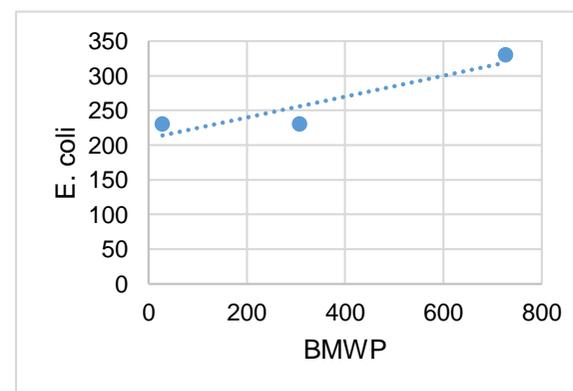
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 11. Gráfico de dispersión de las variables fisicoquímicas versus el índice BMWP en la estación seca

## **4.2 Discusión**

### **4.2.1 Sobre la calidad biológica del agua del río**

El río Cumbaza tiene mucha importancia para la población, por la dinámica de su ecosistema acuático merece un cuidado especial con fuente hídrica que es utilizado tanto para recreación y para la agricultura. En nuestro país el uso de macroinvertebrados para el análisis de la calidad biológica del agua, es hoy en día utilizado debido a las múltiples investigaciones que se realizan en el interior de nuestro país. En el presente estudio, se encontró que la cantidad de macroinvertebrados fue disminuyendo en los balnearios que se encuentran agua abajo. Acorde con esto, Pezo (2018) sustenta que este comportamiento se debe a la presencia de agentes contaminantes, ya que aguas abajo, se encuentra menor cantidad de macroinvertebrados, debido a que los cuerpos hídricos contienen menor cantidad de oxígeno disuelto. En ambas estaciones (seca y lluviosa), la familia más abundante fue Perlidae. De acuerdo con Ortega et al., citado por Custodio & Cosme (2016), indican que esta familia de macroinvertebrados es una de las más exigentes en cuanto a calidad de agua.

### **4.2.2 Sobre los parámetros fisicoquímico**

Los resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos de los balnearios estudiados en la cuenca del río Cumbaza en el año 2019, tales como el pH, los materiales flotantes, el oxígeno disuelto, turbidez, plomo, mercurio, y los parámetros microbiológicos como los coliformes termotolerantes y el *Escherichia coli*, de todos ellos los que están en valores aceptables respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) que establece el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, son el pH, el oxígeno disuelto, la turbidez, el plomo y mercurio esto significa que no existe afectación a la fuente. Pezo (2018), indica que el oxígeno que está disuelto en el agua se logra por la aireación y como producto de desecho de la fotosíntesis, y depende, además de su presión parcial a una temperatura determinada. La concentración de oxígeno disuelto en las aguas naturales es crucial para los animales acuáticos que lo utilizan en la respiración. Los valores de oxígeno disuelto dependen de las características del cauce, la turbulencia del agua y los procesos químicos y biológicos e influye en la riqueza y los patrones de distribución de las familias de macroinvertebrados (Guerrero et al., 2003). Asimismo, hay varios parámetros que influyen en la turbidez del agua, algunos de estos son el Fitoplancton (plantas microscópicas), Partículas de suelo (tierra) suspendidas en el agua de la erosión, los sedimentos depositados en el fondo, las descargas directas a cuerpos de agua(desagües); sin embargo por el contrario la presencia de coliformes termotolerantes supera ampliamente

el estándar de calidad, el mayor valor fue registrado en abril en el balneario II con 1300 NMP/100 mL. Asimismo, para considerar un agua apta para el desarrollo de actividades recreacionales de contacto primario, se requiere que concentración de Escherichia coli sea cero; sin embargo, se puede notar la presencia de hasta 330 NMP/100 mL en la estación seca en el balneario I, esto significa que los balnearios no reúnen las condiciones para el desarrollo de actividades de esta naturaleza.

#### **4.2.3 Sobre la correlación de Pearson entre BMWP y parámetros fisicoquímicos**

Las correlaciones de Pearson encontradas entre el grupo el índice de BMWP y el oxígeno disuelto, fue negativa. Sin embargo, de acuerdo con Rivera et al., (2013) existe influencia entre el oxígeno disuelto y la diversidad de macroinvertebrados acuáticos. Es decir, para que exista una alta diversidad de microorganismos, el oxígeno disuelto debe ser elevado. Esta diferencia se debe principalmente a que el oxígeno donde obtienen las especies de macroinvertebrados se encuentra en la zona béntica. Este oxígeno puede provenir tanto de la fotosíntesis de las algas o de la atmósfera.

## Capítulo 5

### Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1 Conclusiones

En la estación lluviosa, el balneario I, presentó buena calidad; mientras que los balnearios II, III presentaron una calidad aceptable. Por otro lado, en la estación seca, los balnearios I, II presentaron una buena calidad, mientras que el balneario III, una calidad crítica.

Los parámetros que no cumplen el ECA para aguas superficiales destinadas a recreación de contacto primario, en los tres balnearios son: Los materiales flotantes de origen antropogénico, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*.

Se encontró correlación de Pearson significativa entre el índice BMWP y la concentración de *Escherichia coli*, obteniéndose un coeficiente de correlación de Pearson de -1, es decir a mayor valor del índice BMWP, menor cantidad de *E. coli*.

#### 5.2 Recomendaciones

Considerando la importancia que tiene el río Cumbaza para la población de San Martín para uso recreacional, se recomienda realizar un estudio de calidad de agua utilizando análisis de laboratorio físicos, químicos y bacteriológicos, y continuar con el monitoreo mediante métodos de bio-indicación utilizando los macroinvertebrados para poder llevar un control de déficit o abundancia de macroinvertebrados.

Asimismo, se recomienda, elaborar un Plan de Manejo ambiental sensato de manera urgente para la cuenca del río Cumbaza, para iniciar acciones de protección de la fuente de agua y concientización de la población para su cuidado.

## Referencias

- Alonso, A., & Camargo, J. A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente Ecosistemas*, 14(3), 87–99. <https://doi.org/10.3989/graellsia.2006.v62.iExtra.123>
- Álvarez, D. X., Cabrera, T., & Loja, J. L. (2013). Calidad del agua en los ríos de Cuenca, 179–181.
- Autoridad Nacional del Agua. (2017). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua Ica-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales*. <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2440>
- Aquino, P. (2017). *Calidad del agua en el Perú: retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*. <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2806>
- Cabrera, E. (2017). Evaluación microbiológica del agua superficial del río Cumbaza para uso recreacional en los sectores Cancún y Bocatoma, distrito de Morales, 2017. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1189>
- Carrera, C. & Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. [https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio\\_view.php?bibid=144719&tab=opac](https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=144719&tab=opac)
- Centro de Desarrollo e Investigación de la Selva Alta. (2003). *Proyecto Cumbaza*. [http://www.cepes.org.pe/apc-aa/archivos-aa/a8799f3db81457e2c81aac97d67afe96/Publicacion\\_Cedisa.pdf](http://www.cepes.org.pe/apc-aa/archivos-aa/a8799f3db81457e2c81aac97d67afe96/Publicacion_Cedisa.pdf)
- Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina. (2014). Informe del DHR en la microcuenca del río Cumbaza. [https://www.sunass.gob.pe/MRSE/5info3\\_cumbaza\\_vs5\\_10\\_12\\_2014.pdf](https://www.sunass.gob.pe/MRSE/5info3_cumbaza_vs5_10_12_2014.pdf)
- Custodio, M. & Cosme, F. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria* 7 (1): 33 – 44. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v7n1/a04v7n1.pdf>
- Diario voces. (26 de junio de 2015). *Orillas del río Cumbaza están repletas de basura en Morales*. <https://www.diariovoces.com.pe/39040/orillas-rio-cumbaza-estan-repletas-basura-morales>
- Dirección general de Salud Ambiental. (2007). *Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales*. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-)

(CONTINENTALES).pdf

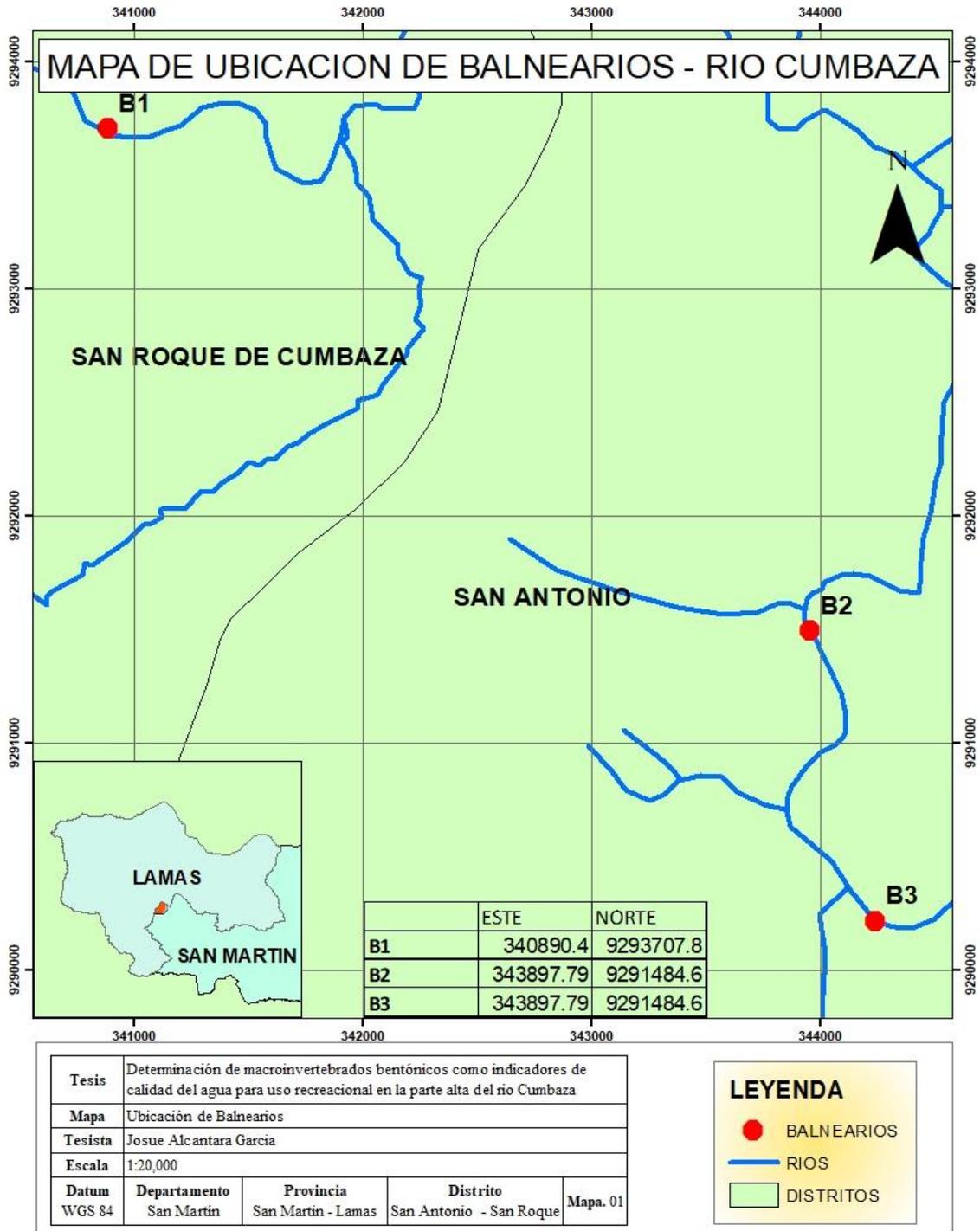
- Dzul, J. (2013). *La mayordomía y el medioambiente: Comentarios de la lección joven*.  
<http://www.escuela-sabatICA.com/files/2013/1/com/2013-01-10ComentarioESUvq92.pdf>
- Gaufin, A. R., & Tarzwell, C. M. (1952). Aquatic Invertebrates Of Stream Pollution, Public Health Rep., 67(1), 57–64. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2030707/>
- Gil, J. A., Vizcaino, C., & Montaña, N. J. (2018). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio : Cuenca del Río Guarapiche , Monagas , Venezuela. *Anales Científicos*, 79(1), 111–119. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6480001>
- Gousmett, C. (1997). *A Covenantal Perspective on the Earth and its Human Management*. [https://www.allofliferedeemed.co.uk/Gousmett/CGCovenantal\\_perspective\\_on\\_the\\_earth.pdf](https://www.allofliferedeemed.co.uk/Gousmett/CGCovenantal_perspective_on_the_earth.pdf)
- Guerrero, F. Manjarrés, A. & Núñez, N. (2003). Los macroinvertebrados bentónicos de pozo azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana*, 8(2), 43-56  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/26670/26958>
- Guzman, G., Thalasso, F., Ramírez, E. M., Rodríguez, S., Guerrero, A. L., Avelar, F., J. (2011). Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río san pedro en el estado de Aguascalientes, México. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 27(2), 115–127. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.11.490>
- Hutton, G., & Haller, L. (2004). *Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level*. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/68568/WHO\\_SDE\\_WSH\\_04.04.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/68568/WHO_SDE_WSH_04.04.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mafla, M. (2005). *Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca - Costa Rica*. <https://issuu.com/anaicr/docs/guiadeevaluacioneseologicasrapidasenrios>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2012). *Id-Tax. Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico*. [https://www.researchgate.net/profile/Romina\\_Alvarez\\_Troncoso/publication/257622948\\_Id-Tax\\_Catalogo\\_y\\_claves\\_de\\_identificacion\\_de\\_organismos\\_invertebrados\\_utilizados\\_como\\_elementos\\_de\\_calidad\\_en\\_las\\_redes\\_de\\_control\\_del\\_estado\\_ecologico/links/582c3c3608aef19cb8071844/Id-Tax-Catalogo-y-claves-de-identificacion-de-](https://www.researchgate.net/profile/Romina_Alvarez_Troncoso/publication/257622948_Id-Tax_Catalogo_y_claves_de_identificacion_de_organismos_invertebrados_utilizados_como_elementos_de_calidad_en_las_redes_de_control_del_estado_ecologico/links/582c3c3608aef19cb8071844/Id-Tax-Catalogo-y-claves-de-identificacion-de-)

- organismos-invertebrados-utilizados-como-elementos-de-calidad-en-las-redes-de-control-del-estado-ecologico.pdf
- Miranda, C. J. (2018). Evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados en el tramo padre carollopaus de la microcuenca hidrográfica del río blanco, Morona Santiago. (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/8765/1/33T0187.pdf>
- Mcdonald, R. I., Weber, K., Padowski, J., Flo, M., Schneider, C., Green, P. A., ... Boucher, T. (2014). Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. *Global Environmental Change* 27 (1), 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.022>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2012). *Contaminación de ríos del Perú*. <http://www.minagri.gob.pe/porta1/54-sector-agrario/cuencas-e-hidrografia/374-problematica>
- Ministerio del Ambiente. (2011). *Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio: una bomba de tiempo*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/mineria-aurifera-madre-dios-contaminacion-mercurio-una-bomba-tiempo>
- Osorio, T. G. (2018). Evaluación de la calidad de agua de la subcuenca del río Temascaltepec mediante el uso de indicadores biológicos. (Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de México). <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/94933/TESIS%20EXAMEN%20OCTUBRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Palomino, P. D. (2016). *Macroinvertebrados acuáticos bentónicos (MAB) y su relación con la calidad del agua en el río Mashcón-Cajamarca, 2016*. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10671/Palomino%20Avellaned%20Pedro%20Diego.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paredes, C. (2005). *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac, Lima, Perú*. [https://www.academia.edu/31151895/Macroinvertebrados\\_bent%C3%B3nicos\\_como\\_bioindicadores\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_agua\\_en\\_el\\_r%C3%ADo\\_R%C3%ADmac\\_Lima\\_Per%C3%BA](https://www.academia.edu/31151895/Macroinvertebrados_bent%C3%B3nicos_como_bioindicadores_de_la_calidad_de_agua_en_el_r%C3%ADo_R%C3%ADmac_Lima_Per%C3%BA)
- Pezo, M. (2018). *Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua para regadío del río Cumbaza*. (Tesis de doctorado, Universidad Nacional de San Martín). <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2820>
- Poblete, E. D. (2013). *Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la cuenca del río Chuyugual, La Libertad. Junio 2012 - Diciembre 2012*. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3068>

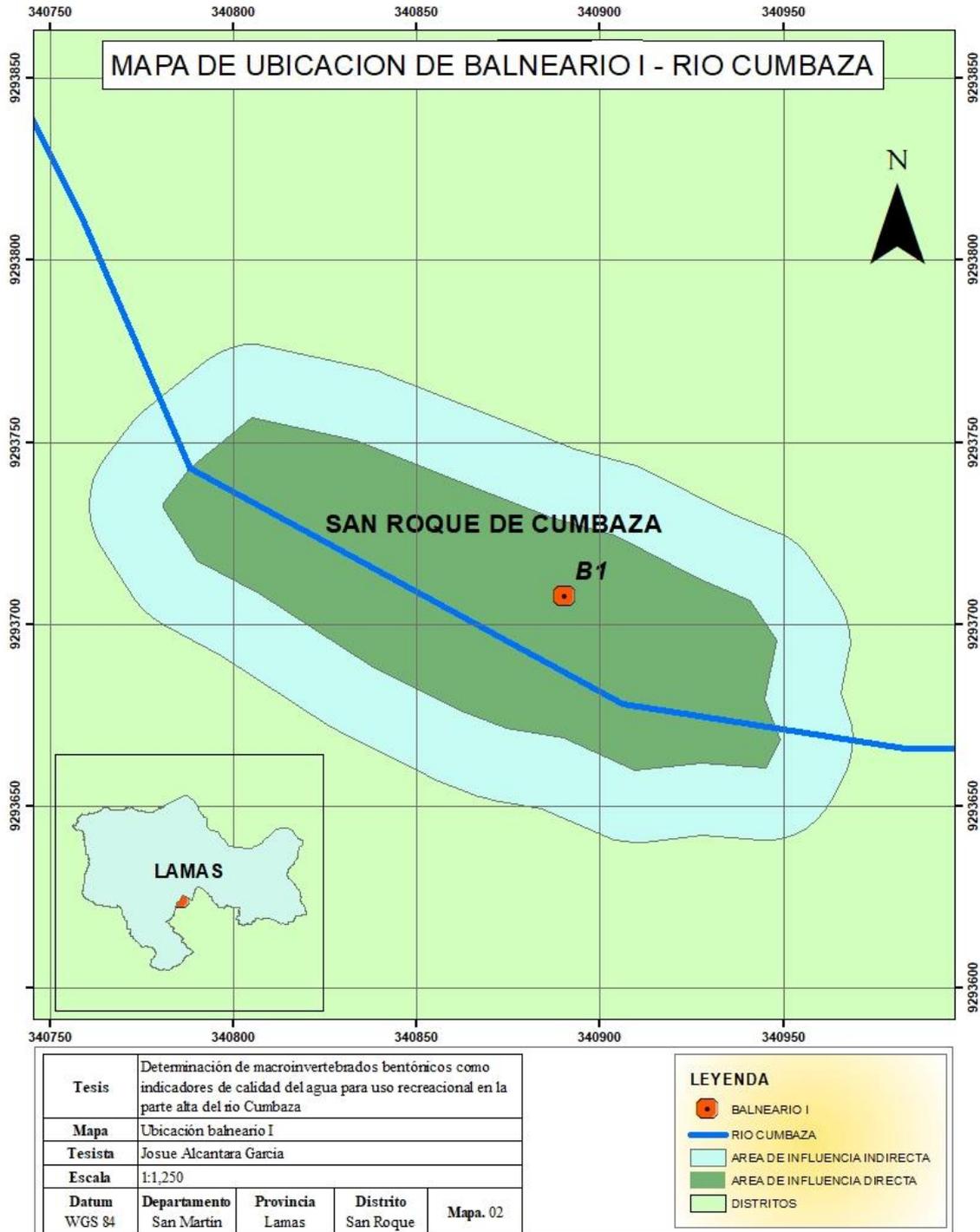
- Rivera, J. J., Pinilla, G. A. & Rangel, J. O. (2013). Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables físicas y químicas en el humedal de Jaboque-Colombia. *Caldasia* 35(2), 389-408. <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v35n2/v35n2a13.pdf>
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia : propuesta para el uso del método BMWP Col.* Editorial Universidad de Antioquia. Retrieved from [https://books.google.com.pe/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Roldán, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua : cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Ciencias naturales*, 40(155), 254–274. <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2015). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento.* <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2015). *El agua en un mundo en constante cambio. El 3er Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo.* [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/wwap\\_WWDR3\\_Facts\\_and\\_Figures\\_SP.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/wwap_WWDR3_Facts_and_Figures_SP.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2016). *Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016.* <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/>
- Vásquez, M., & Medina, C. A. (2015). Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Ancash , Perú). *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas* 35(2), 75–89. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/1079/1007>
- White, E. G. (1995). *El deseado de todas las gentes.* [https://egwwritings-a.akamaihd.net/pdf/es\\_DTG\(DA\).pdf](https://egwwritings-a.akamaihd.net/pdf/es_DTG(DA).pdf)
- World Resources Institute. (2015). *Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings.* <https://www.wri.org/resources/data-sets/aqueduct-projected-water-stress-country-rankings>

## Anexos

Anexo 1. Mapa de ubicación de los balnearios



Anexo 2. Mapa de ubicación de balneario I



Anexo 3. Mapa de ubicación de balneario II

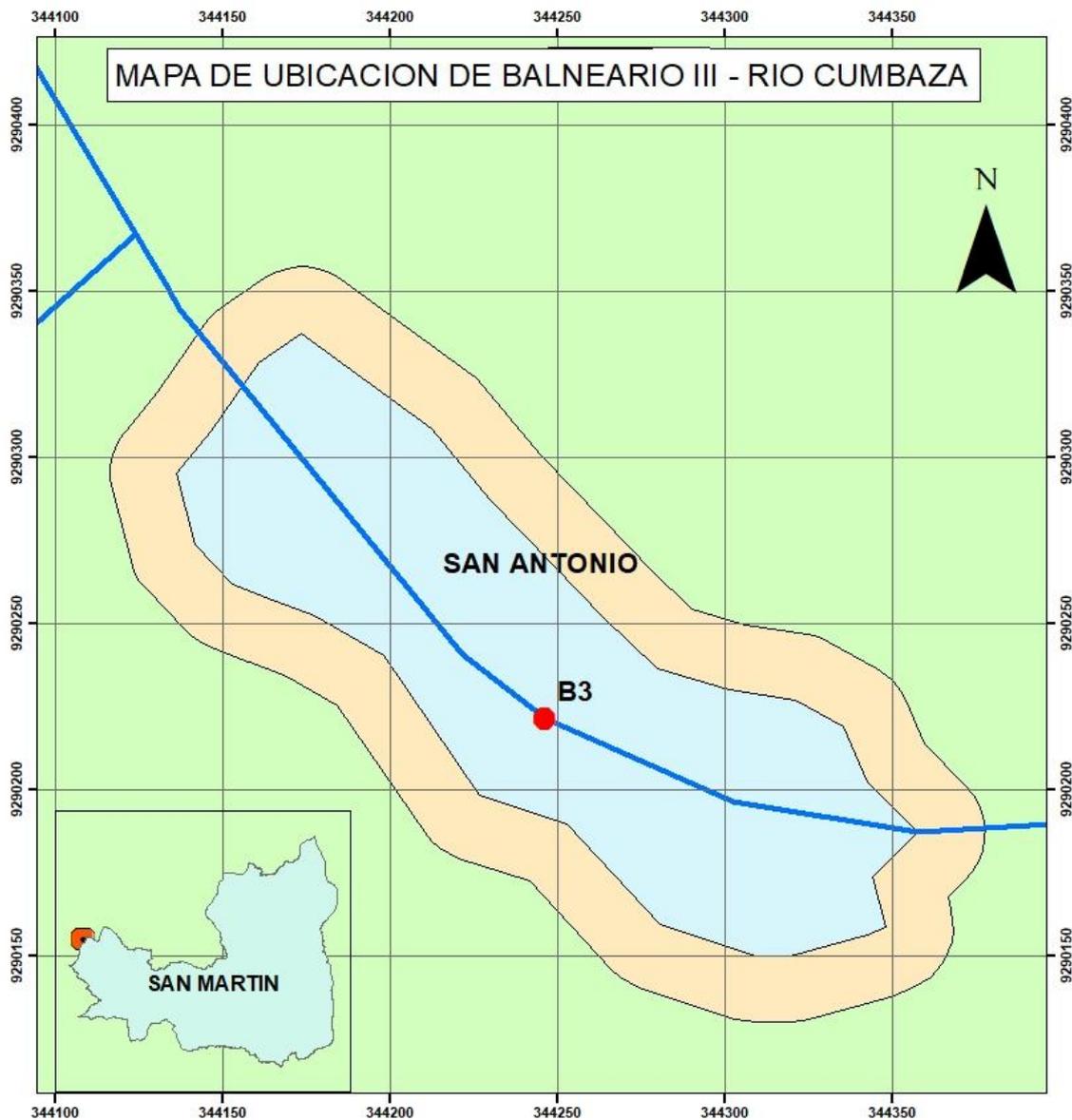


<b>Tesis</b>	Determinación de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua para uso recreacional en la parte alta del río Cumbaza			
<b>Mapa</b>	Ubicación balneario I			
<b>Tesista</b>	Josue Alcantara Garcia			
<b>Escala</b>	1:1,250			
<b>Datum</b>	<b>Departamento</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>	<b>Mapa. 03</b>
WGS 84	San Martín	San Martín	San Antonio	

**LEYENDA**

- BALNEARIO 2
- RIOS
- AREA DE INFLUENCIA INDIRECTA
- AREA DE INFLUENCIA DIRECTA
- DISTRITOS

Anexo 4. Mapa de ubicación de balneario III



<b>Tesis</b>	Determinación de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua para uso recreacional en la parte alta del río Cumbaza			
<b>Mapa</b>	Ubicación de Balnearios			
<b>Tesista</b>	Josue Alcantara Garcia			
<b>Escala</b>	1:20,000			
<b>Datum</b>	<b>Departamento</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>	<b>Mapa. 04</b>
WGS 84	San Martín	San Martín	San Antonio	

<b>LEYENDA</b>	
<span style="color: red;">●</span>	BALNEARIO 3
<span style="color: blue;">—</span>	RIOS
<span style="background-color: orange; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	AREA DE INFLUENCIA INDIRECTA
<span style="background-color: lightblue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	AREA DE INFLUENCIA DIRECTA
<span style="background-color: lightgreen; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	DISTRITOS

## Anexo 5. Materiales para la recolección de muestras



Anexo 6. Recolección de muestras





Anexo 8. Colecta de macroinvertebrados con la red surber



Anexo 9. Macroinvertebrados colectados



Anexo 10. Identificación de macroinvertebrados según el índice BMWP











Anexo 11. Materiales flotantes en el río Cumbaza



## Anexo 12. Certificado de recuento de macroinvertebrados bentónicos

### RESULTADOS DEL CONTEO DE MACROINVERTEBRADOS

#### RESULTADO 01:

La colecta de macroinvertebrados se realizó con la ayuda de una red surber, en los Balnerios 1 ubicado en la localidad de San Roque de Cumbaza con coordenada Este 340890.40, coordenada Norte 9293707.81; Baneario 2 se ubica en la zona de San Antonio de Cumbaza con coordenada Este 343897.79, coordenada Norte 9291484.57 y el Balnerio 3 ubicado en San Pedro de Cumbaza a 150 m aguas abajo del puente que une San Pedro de Cumbaza y San Antonio de Cumbaza, con coordenada Este 344224.59, coordenada Norte 9290157.50. Correspondiente a la temporada lluviosa – mes de abril 2019.

A continuación, se detalla el conteo de la colecta de macroinvertebrados:

CLASE	ORDEN	FAMILIA	Balneario I	Balneario II	Balneario III
INSECTA	Plecoptera	Perlidae	35	3	0
INSECTA	Ephemeroptera	Baetidae	15	0	1
INSECTA	Hemiptera	Belostomatidae	6	1	0
INSECTA	Diptera	Psephenidae	7	1	0
INSECTA	Ephemeroptera	Ephemerellidae	3	1	5
INSECTA	Megaloptera	Corydalidae	2	0	0
INSECTA	Diptera	Tipulidae	3	0	0
INSECTA	Hemiptera	Veliidae	2	0	0
INSECTA	Coleóptera	Elmidae	3	0	0
INSECTA	Diptera	Ceratopomidae	2	0	0
INSECTA	Trichoptera	Ecnomidae	25	1	1
INSECTA	Plecoptera	Perlodidae	0	1	0
INSECTA	Plecoptera	Nemouridae	0	0	3

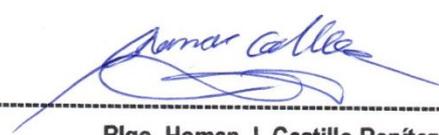
  
-----  
**Blgo. Homan J. Castillo Benitez**  
**DNI 10586421**  
**Especialidad en Estudios de biodiversidad – invertebrados**  
**CBP 9919**

**RESULTADO 02:**

La colecta de macroinvertebrados se realizó con la ayuda de una red surber, en los Balnerios 1 ubicado en la localidad de San Roque de Cumbaza con coordenada Este 340890.40, coordenada Norte 9293707.81; Baneario 2 se ubica en la zona de San Antonio de Cumbaza con coordenada Este 343897.79, coordenada Norte 9291484.57 y el Balnerio 3 ubicado en San Pedro de Cumbaza a 150 m aguas abajo del puente que une San Pedro de Cumbaza y San Antonio de Cumbaza, con coordenada Este 344224.59, coordenada Norte 9290157.50. Correspondiente a la temporada seca – mes de mayo 2019.

A continuación, se detalla el conteo de la colecta de macroinvertebrados:

CLASE	ORDEN	FAMILIA	Balneario I	Balneario II	Balneario III
INSECTA	Plecoptera	Perlidae	10	19	0
INSECTA	Hemiptera	Belostomatidae	2	7	0
INSECTA	Megaloptera	Corydalidae	2	1	0
INSECTA	Diptera	Tipulidae	0	1	0
INSECTA	Coleoptera	Elmidae	0	1	0
INSECTA	Trichoptera	Ecnomidae	7	5	2
INSECTA	Plecoptera	Perlodidae	0	0	1
INSECTA	Odonata	Libellulidae	1	0	0
INSECTA	Trichoptera	Apatamiidae	1	0	0
INSECTA	Ephemeroptera	Caenidae	0	1	1
INSECTA	Trichoptera	Philopotamidae	0	4	0
INSECTA	Diptera	Limoniidae	0	1	0
INSECTA	Diptera	Rhagionidae	0	1	0
INSECTA	Diptera	Thaumaleidae	0	0	1



Blgo. Homan J. Castillo Benítez  
DNI 10586421

Especialidad en Estudios de biodiversidad – invertebrados  
CBP 9919