

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Evaluación de la calidad de agua del río Vilcanota utilizando macroinvertebrados - Cusco

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Por:

Vilma Quispe Illa

Clarence René Pérez Aguilar

Asesor:

Msc. Jael Calla Calla

Juliaca, noviembre de 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Msc. Jael Calla Calla, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RIO VILCANOTA UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS - CUSCO”** constituye la memoria que presentan los Bachiller **Vilma Quispe Illa** y **Clarence René Pérez Aguilar** 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 Juliaca, a los 28 días del mes de noviembre del año 2022.



Msc, Jael Calla Calla
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 19 día(s) del mes de noviembre del año 2022, siendo las 12:30 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Msc. Rose Adeline Gallata Lhura, el secretario: Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera y los demás miembros: Ing. Nancy Laura Rafael y el asesor: Msc. Joel Galla Galla

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: Evaluación de la calidad de agua del río Vilcanota utilizando macroinvertebrados - Lusco

de el(los)/a(la)(las) bachiller/es: a) Vilma Quispe Illa
 b) Lorence René Pérez Aguila
 conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Ambiental
 (Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Vilma Quispe Illa

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Candidato (b): Lorence René Pérez Aguila

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
 Presidente
[Firma]
 Asesor
[Firma]
 Candidato/a (a)
[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Secretario
[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Candidato/a (b)

AGRADECIMIENTO

Al laboratorio de microbiología ambiental de la Universidad Peruana Unión, por facilitarnos el uso del estereoscopio y brindarnos sus instalaciones para el análisis de las muestras. Nuestro sincere agradecimiento a nuestro asesor Msc. Jael Calla Calla por guiarnos en nuestra investigación.

A Dios por guiarme y darme la oportunidad de crecer profesionalmente, así mismo a mis padres Vicente Quispe Cruz y Eusebia Illa Turpo, mis hermanos David Quispe Illa y Emer Quispe Illa por esforzarse día a día dándome su apoyo incondicional durante la colecta de las muestras y el financiamiento del proyecto. Y a mis docentes quienes nos guiaron. También a mis revisores anónimos de la revista por sus aportes, observaciones por las cuales nos ayudaron enormemente el presente documento.

Vilma Quispe Illa

A Dios, por mostrarme el día a día que, con humildad, paciencia, sabiduría y mucha entrega todo es posible y a mis queridos padres René Pérez Nina y Hayley Ulda Aguilar Cordero quienes, con su apoyo y comprensión incondicional, donde siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos difíciles y que han sido incentivo en mi vida. Además de los revisores anónimos de la revista por sus aportes, observaciones por las cuales nos ayudaron enormemente el presente documento.

Clarence René Pérez Aguilar

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	iv
INDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN:.....	10
ABSTRACT:.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Identificación del Problema.....	12
1.2. Objetivos de la Investigación.....	13
1.2.1. Objetivo General.	13
1.2.2. Objetivo Especificos	13
2. MARCO TEORICO.....	14
2.1. Estado del arte.	14
2.1.1. Revisión Internacional.	14
2.1.2. Revisión Nacional.....	16
3. MATERIALES Y METODOS	19
3.1. Diseño Metodológico.	19
3.1.1. Instrumentos.	19
3.1.2. Selección de estaciones de muestreo.....	20

3.1.2. Muestreos	21
3.1.3. Análisis de métodos	22
3.RESULTADOS Y DISCUSION	23
3.1. Diversidad.....	23
3.2. Resultado del Indices Biological Working Monotoring Party	27
3.3. Resultado del Indices Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera	28
3.4. Resultado del Indice Biotico Andino.....	29
4.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
4.1. Conclusiones.....	31
4.2. Recomendaciones.....	31
REFERENCIAS	32
ANEXOS.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de los puntos de monitoreo, descripción del lugar de estudio y coordenadas del monitoreo.....	21
Tabla 2: Caracterización de macroinvertebrados asociados a las estaciones de estiaje y avenida en el río Vilcanota (Nov, Dic 2020 – Ene, Agt, Sept, Nov 2021).....	25
Tabla 3: Clasificación de calidad del agua según el BMWP / Col Roldan 2003.	28
Tabla 4: Clase de familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados y clasificados según el Índice EPT.....	29
Tabla 5: Clasificación de calidad del agua según el ABI.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los puntos de monitoreo de todo el transcurso del río Vilcanota.	20
Figura 2. Frecuencias de Familias de macroinvertebrados asociados con las estaciones de Avenida y Estiaje.....	24
Figura 3. Evaluación de los resultados según las estaciones de avenida y estiaje por el índice BMWP/Col	27
Figura 4. Evaluación de las estaciones de avenida y estiaje, según este índice de EPT.	29
Figura 5...Evaluación de las estaciones de avenida y estiaje, evaluado según el Índice Biótico Andino (ABI).....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Panel Fotográfico.....	37
Anexo B. Procesamiento de Datos.....	44
Anexo B.1. Procesamiento de los datos generales recolectados en el río Vilcanota..	44
Anexo B.2. Procesamiento de los datos para Avenida.....	44
Anexo B.3. Procesamiento de los datos para Estiaje.....	45
Anexo B.4. Procesamiento de los datos para el Índice BMWP.....	45
Anexo B.5. Procesamiento de los datos para el Índice ABI.....	46
Anexo B.6. Procesamiento de los datos para el Índice EPT.....	46

Evaluación de la calidad de agua del rio Vilcanota utilizando macroinvertebrados - Cusco

RESUMEN:

Durante las últimas décadas la utilización de macroinvertebrados acuáticos para evaluar la calidad de agua ha venido ganando notoriedad y es actualmente aceptada como una herramienta biológica moderna. El objetivo de la investigación fue evaluar la calidad de agua del rio Vilcanota utilizando macroinvertebrados, mediante la utilización de índices biológicos como: Índice Biótico Andino (ABI), Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), Índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT) reconocidos por su sensibilidad a la contaminación, en su taxonomía, ecología como bioindicadores de la calidad del agua. Este análisis presenta la utilización del método de conteo y cálculo de las familias encontradas mediante los índices de la calidad de agua en 4 puntos en temporadas de estiaje y avenida (2020-2021). Se obtuvo los resultados de las familias de macroinvertebrados con un total de 1631 con 11 órdenes y 25 familias; el valor promedio del índice BMWP para los macroinvertebrados en las épocas dieron: aguas de generación dudosa (Avenida) y generación crítica (Estiaje), el valor promedio del Índice Biótico Andino para los macroinvertebrados las estaciones dieron: aguas de generación dudosa (Avenida) y de generación mala (Estiaje), para el Índice ETP con generación de calidad mala. Se concluye con los índices biológicos que la calidad de agua es mala. Así mismo la abundancia y diversidad de macroinvertebrados, según sector y época de muestreo, presentaron diferentes significativas.

Palabras clave: Bioindicadores, biodiversidad, ecosistema, índices bióticos de familias y insectos de agua.

Evaluation of the water quality of the Vilcanota river using macroinvertebrates - Cusco

ABSTRACT:

During the last decades, the use of aquatic macroinvertebrates to assess water quality has been gaining popularity and is currently accepted as a modern biological tool. The objective of the research was to evaluate the water quality of the Vilcanota River using macroinvertebrates, through the use of biological indices such as: Andean Biotic Index (ABI), Biological Monitoring Working Party Index (BMWP), Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera Index (EPT). recognized for their sensitivity to pollution, in their taxonomy, ecology as bioindicators of water quality. This analysis presents the use of the method of counting and calculating the families found through the water quality indices at 4 points in dry seasons and floods (2020-2021). The results of the families of macroinvertebrates were obtained with a total of 1631 with 11 orders and 25 families; the average value of the BMWP index for the macroinvertebrates in the seasons gave: waters of doubtful generation (Rain Section) and critical generation (Dry Season), the average value of the Andean Biotic Index for the macroinvertebrates the stations gave: waters of doubtful generation (Avenida) and poor generation (dry season), for the ETP Index with poor quality generation. It is concluded with the biological indices that the water quality is bad. Likewise, the abundance and diversity of macroinvertebrates, according to sector and time of sampling, presented different significant.

Keywords: Bioindicators, biodiversity, ecosystem, biotic indices of families and water insects.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Identificación del Problema

En la actualidad, la contaminación de los recursos hídricos juega un papel muy importante que da un motivo de preocupación mayor tanto por su disponibilidad y por su calidad, puesto que el inadecuado manejo es ligado a la contaminación los ríos, lagos, lagunas, quebradas entre otras fuentes. Una de las alternativas para ver la calidad de agua son los métodos del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/col), el cálculo del Índice Biótico Andino (ABI) y el cálculo del índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), cuyo método es eficaz para ver la calidad, por ello es importante realizar estos estudios de los macro invertebrados bentónicos que existen en las aguas, para asegurar la salud y la vida de las especies en la calidad de agua de la Provincia de Calca-Departamento de Cusco.

La implementación de métodos ha venido ganando aceptación a nivel mundial, estas nuevas metodologías representan una serie de ventajas, entre las cuales se pueden citar: Requieren de equipos simples y relativamente baratos, metodologías sencillas, rapidez en la obtención de los resultados y una alta confiabilidad. A sí mismo, se obtendrán beneficios económicos en los análisis para ver la calidad de agua, siendo confiable los datos que se obtengan en beneficio a 22 976 habitantes del distrito de Calca. Como es el caso de Calca, la red de drenaje es dispersa y de tipo detrítico a los causes del drenaje principal; además es favorable para la productividad, ya que se tiene una buena disponibilidad en cuanto la cantidad que circula por el territorio, sin embargo, el sistema de desagüe existente en Calca y centros poblados menores del distrito, descargan tanto al río Qochoq, como al Vilcanota.

A ello se suma, la práctica de arrojamiento de desperdicios o residuos sólidos orgánicos, a la rivera de estos, constituyendo focos infecciosos de proliferación de vectores, transmisores de enfermedades. Otro factor de contaminación es el establecimiento de un botadero municipal ubicado en el margen izquierdo del Vilcanota (Entre la Lamay y el distrito de Calca), sobre la rivera de inundación sobre este río. En dicho estudio no solamente contribuirá en dar la calidad de agua, sino a la vez se trabajará responsablemente con la finalidad de brindar información actualizada en poco tiempo; los datos obtenidos de este estudio de investigación ayudarán como una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de los ríos; fruto de este trabajo las autoridades de la Municipalidad de Calca a través de la Gerencia de Medio Ambiente, podrán realizar proyectos viables.

En tal sentido el presente trabajo tiene como objetivo general evaluar la calidad de agua mediante la caracterización de Macroinvertebrados acuáticos del río Vilcanota de la Provincia de Calca, mediante la utilización de índices biológicos.

1.2. Objetivos de la Investigación.

1.2.1. Objetivo General.

Evaluar la calidad de agua del río Vilcanota Utilizando macroinvertebrados – Cusco.

1.2.2. Objetivo Específicos.

Caracterizar la población de macroinvertebrados.

Calcular la calidad de agua por el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/col), el cálculo del Índice Biótico Andino (ABI) y el cálculo del Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT).

2. MARCO TEORICO

2.1. Estado del arte.

2.1.1. Revisión Internacional.

Von Hessberg, Toro, Quinteros , Quintero, & Uribe (2009) en la investigación “Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, Municipio de palestina, Colombia” Se determinó la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos en la Estación Piscícola en la microcuenta El Berrión, las tomas de muestra de los macroinvertebrados fueron recolectando de acuerdo a la metodología de ROLDAN(2003) modificada, por ello se dispuso el muestreo en contra de corriente, estas se colocaron en un cedazo sobre 5 filtros y se guardaron en recipientes de vidrio debidamente rotulados y refrigerados; los puntos de muestreo fueron 24 mediante el índice BMWP/Col donde se encontraron 22 órdenes y 55 familias, la mayoría de los puntos de muestreo están catalogados como clase III, aguas mediamente contaminadas de las cuales sobresalen: Chironomidae tolera altos niveles y por lo contrario la Hydropsychidae niveles bajos y Palaemoniidae con una presencia de la población total.

Salvatierra (2012) en el estudio “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de calidad del agua en el Rio Gil Gonzáles y tributarios más importantes, Rivas, Nicaragua”, realizó la muestra en el Rio Gil González, el monitoreo se realizaron en 8 puntos realizando el análisis cualitativo y cuantitativo de macroinvertebrados acuáticos en época de avenidas y estiaje. Utilizando una red de captura de mano de 250 micras, muestras tamizadas y depositadas en recipientes de plástico y preservada con alcoholnal 94%, en la cual fueron utilizados el número de abundancia, el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), identificaron 32 categorías taxonómicas en total: Diptera, Ephemeroptera,

trichoptera y Coleóptera, siendo el Orden Diptera con más variedad y frecuencia de familias. El índice BMWP'-CR son de buena calidad para los 2 muestreos. Cabe recalcar que el sistema BMWP, considera que un cuerpo de agua tiene un alto grado de contaminación cuando los valores obtenidos en el índice son bajos.

Fierro, Beltrán & Mercado (2012) en su investigación "Of water quality applying a modified biotic index in a spatio- seasonal context in a coastal basin of Southern Chile" Se caracterizó la calidad del agua de un río del Sur de Chile utilizando el Índice Biótico las muestras ocurrieron un año en 5 estaciones de muestreo en el río Boroa, se registró 77 taxa, los órdenes más abundantes fueron Ephemeroptera y Plecoptera, los resultados indicaron excelente, muy buena y buena calidad de agua, para ello aplicaron el Índice Biótico de Hilsenhoff 1988 modificado basado en macroinvertebrados.

Carrera & Fierro (2014) en su investigación " La contaminación del agua es un problema para la salud de todos los seres que habitan en el planeta se han considerado un recurso estratégico cuya conservación es indispensable para el futuro, este manual que propone un diagnóstico relativamente simple y de bajo costo que sirva como herramienta de apoyo para conocer el estado de las aguas que corren por sus ríos y esteros de la salud de los seres tanto el estado de las aguas y que habitan en ellos es un manual con fines rigurosamente científico y se propone como herramienta de diagnóstico con sus mismas cualidades. Esta obra revela la utilidad, que tiene la investigación es para implementar acciones de conservación y promover una educación ambiental más integral y comprometida con el medio ambiente.

Santiago Lopez Mendoza, David Huertas Pineda, Angela María Jaramillo Londoño, Dayam Soret Calderón Rivera & Diaz (2019) en su investigación "Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia)". Su objetivo de este trabajo se realizó para poder determinar la calidad del agua a partir de la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos en el río Tuesaca, las muestras

están siendo medidas de oxígeno disuelto, turbidez, temperatura y pH para la estimación de la calidad de agua, ahora con los macroinvertebrados con BMWP/Col, ASTP, IBF, EPT con los índices de biodiversidad , haciendo el proyecto durante los meses de Julio, Septiembre y Noviembre del 2017, la calidad del río Teusaca es moderada con la contaminación, con tendencia a ser muy contaminada el mismo cuerpo hídrico presento una baja biodiversidad y una alta dominancia en las especies colectadas de macroinvertebrados , los resultados mismos dieron los índices de calidad y diversidad aplicados en los respectivos muestreos.

2.1.2. Revisión Nacional.

Paredes, Lannacone, & Lorena (2004) en su investigación “Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú”. Las comunidades de los macroinvertebrados bentónicos pueden ser eficientes indicadores de la calidad de agua en los ecosistemas dulceacuícolas para el análisis junto con el índice BMWP "Biological Monitoring Working Party", dando categoría como agua con algunos efectos de contaminación o de la calidad aceptable. Estas evaluaciones fueron realizadas en el río Wuawuas, luego del análisis Físicoquímicas que no indicaron efectos de perturbación en el ecosistema acuático, y para finalizar se analizó la potenciada del empleo de los MIB para la evaluación de la calidad de agua en ríos del Perú.

Vásquez & Medina (2014) La utilización de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de agua se pueden encontrar en diversos ecosistemas acuáticos, en este trabajo se realizó la calidad de agua mediante los indicadores de los macroinvertebrados junto con los parámetros físicoquímicos: pH, nitritos, nitratos, fosfatos, cromo 6 y aluminio; el lugar de muestreo fue en Pallasca, departamento de Ancash donde se 8 puntos fueron realizados en la microcuenca, realizando la muestra con pequeñas mallas para la recolección de los macroinvertebrados y para el análisis físicoquímico se realizó en envases de agua para la

respectiva muestra y llevarlas al laboratorio, según los resultados los parámetros fisicoquímicos están dentro de lo establecido en el DS 002-2008 MINAM y según los índices de los macroinvertebrados del índice BMWP su calidad biológica es aceptable, en tanto que el río Pampas de calidad biológica fue pésima.

Canchapoma, Casas, & Placin (2016) en su investigación ‘‘La Biodiversidad De Macroinvertebrados Como Indicadores De Calidad De Agua En Los Ríos De Junín’’. El trabajo se tuvo como objetivo analizar la biodiversidad de los macroinvertebrados de la calidad de agua en los ríos de Junín la evaluación se realizó en 3 lugares; la primer y tercer lugar dieron como resultado que la calidad de agua es regular y el segundo lugar la calidad de agua es mala dando las actividades: Reconocimiento del área de trabajo, trajes para ingresar al río, 11 muestras aleatorias a contra corriente con una red surber, analizando con el Índice Biológico Hilsenhof el porcentaje se evaluó el porcentaje del índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichóptera, el método descriptivo para efectuar la investigación, los Protocolos de muestreo y la Guía de Bioindicadores de Quillcay consideradas como indicadores de aguas limpias por lo cual el lugar que era moderado limpio lo que determina que las aguas son limpias que otros lugares dieron positivo.

Custodio & Cosme (2016) en la investigación ‘‘Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú’’. Para el análisis de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en cada sector de muestreo se definió en el tramo del río Cunas, utilizando una Red Surber y una malla. Se realizó el muestreo colocando la malla a contracorriente y removiendo el sustrato aguas arriba de la manga. La riqueza, abundancia y diversidad de macroinvertebrados bentónicos presentaron diferentes significancias. Identificaron siete clases, 12 órdenes y 26 familias de macroinvertebrados bentónicos. El phylum Arthropoda, fue el más representativo en abundancia y riqueza. Siendo la clase insecto la más distintiva (76,92%), el mayor número

de macroinvertebrados encontrados en la época de estiaje, el orden Diptera presentó mayor abundancia, seguido por el orden Ephemeroptera y en época de avenida resaltó el orden Trichoptera.

Bullón (2016) en la tesis "Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chamchamayo" Caracterizó la calidad de las aguas de la cuenca del río Perene mediante el cálculo del Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) y el Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col), completando con parámetros físico químicos con el fin de conocer la calidad de agua con 9 puntos de muestreos de la cuenca, la recolección de datos se realizaron con una red surber y una malla, depositados en frascos etiquetados con alcohol. Los macroinvertebrados registrados fueron 456 individuos distribuidos en tres clases, 10 órdenes y 25 familia. La mayor abundancia de individuos de orden Ephemeroptera se registró en el P9, donde la calidad de agua es buena, al igual en el P5 fue la familia Hydropsychidae. Los índices Bióticos empleados son similares en el P2 indicando que las aguas son moderadamente contaminadas y en P7 las aguas son de calidad aceptable.

Pascual, Lannacone & Alvarino (2019) en la investigación "Para realizar el muestreo se realizaron 12 estaciones de muestreo, para la colecta se empleó una red Suber modificada por Paredes (2005) de 30 x 30 cm, con 0.25 mm de abertura de malla estas muestras son fijadas en alcohol etílico al 80% y guardados en bolsas y en envases de plástico, ya en laboratorio cada muestra fue separada e identificada con ayuda de lupas binoculares teniendo en cuenta la estructura de la comunidad y las condiciones ambientales. En época de avenidas y estiaje se observaron diferencias en la abundancia de Planorbidae, Baetidae, Chironomidae, Empididae & Tipulidae, la abundancia fue mayor en época de estiaje. Los 3 factores son: agricultura, industria y doméstico. De acuerdo con los índices Bióticos. EPT

(Ephemeroptera- Plecoptera- Trichoptera) son mayormente mala con un 75% y el ABI (Andean Biotic Index) es pésimo- mala: 16.67-33.33%.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Diseño Metodológico.

3.1.1. Instrumentos.

Los materiales y equipos a utilizar en los procesos de toma de muestra y experimentación del proyecto serán los siguientes:

3.1.1.1. Materiales para toma de muestra.

- Cooler con Chiller
- Claves de identificación de Macroinvertebrados de, Carrera y Fierro 2001, Álvarez 2005, Carrera y Fierro 2001, Roldán 2012 y Palma y Arana 2014.
- Cámara fotográfica
- GPS
- Vestimenta de seguridad (bata, casco, botas y guantes quirúrgicos)

3.1.1.2. Materiales para la experimentación.

- 02 bandejas de color blanco
- 02 redes de Surber (malla 250 μm)
- 02 coladores de cocina
- 02 lupa

3.1.2. Selección de estaciones de muestreo.

Se establecieron cuatro estaciones de muestro a lo largo del río Vilcanota durante la época de avenida (noviembre, diciembre del 2020 y enero del 2021) y la época de estiaje (agosto, septiembre y octubre del 2021), los cuales fueron en una zona Limnetica (aguas arriba), el punto uno (P1) está ubicado en el botadero del sector Campanachayoc, el punto dos (P2) a la altura de la empresa ETSA PERÚ, el punto tres (P3), ubicada en la Av. Vilcanota y el punto cuatro (P4) ubicado a 50m aguas abajo de la desembocadura del río Qochoq al río Vilcanota.

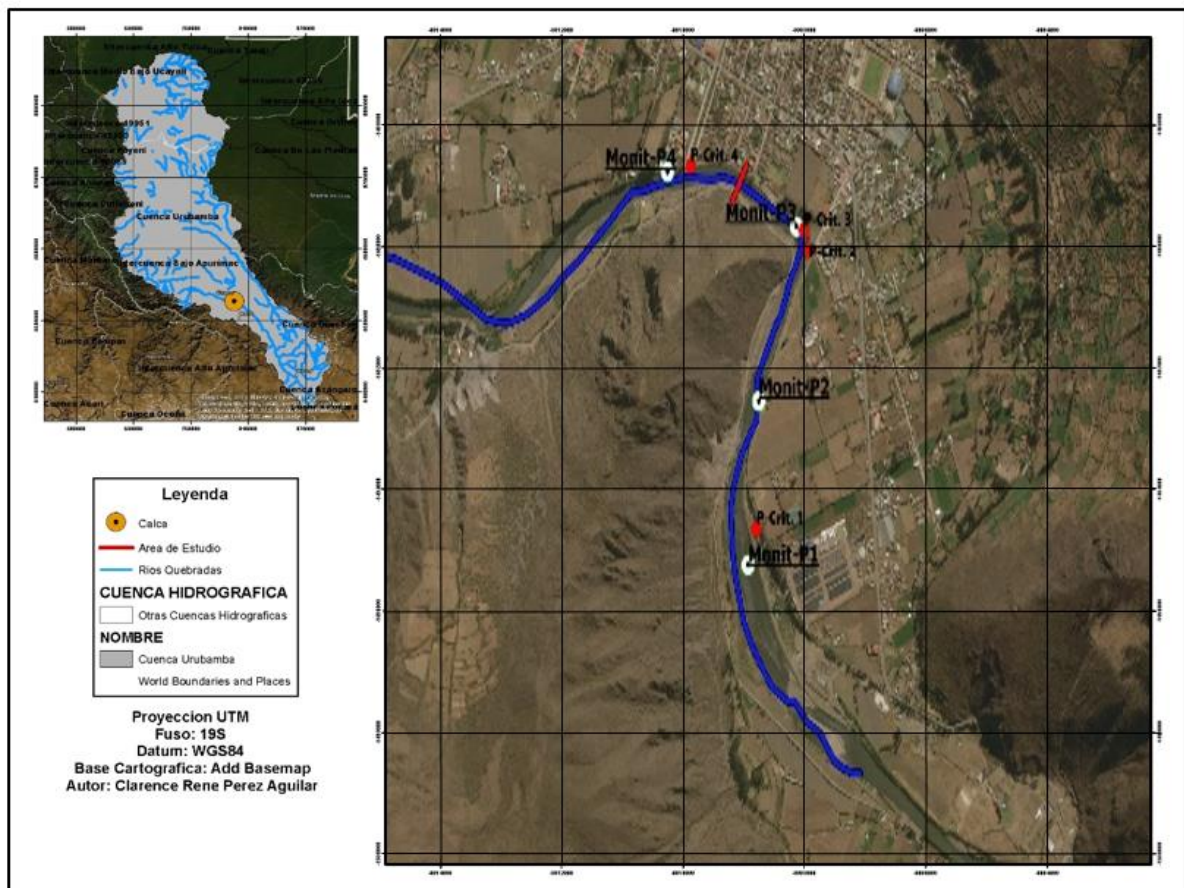


Figura 1. Ubicación de los puntos de monitoreo de todo el transcurso del río Vilcanota.

Tabla 1.

Descripción de los puntos de monitoreo, descripción del lugar de estudio y coordenadas del monitoreo.

Punto de Muestreo	Coordenadas	Descripción de la zona de muestreo
P1	Este: 179642.49 Norte: 8523850.6	Se ubicó 50 metros aguas arriba de la descarga de los lixiviados del botadero del sector Campanachayoc.
P2	Este: 179687.3 Norte: 8524299.09	Se ubicó 200 metros aguas abajo de la descarga de lixiviados del botadero municipal.
P3	Este: 179844.575 Norte: 8524777.41	Se ubicó 100 metros aproximadamente aguas arriba del puente colgante de Calca.
P4	Este: 179304.752 Norte: 8524927.4	Se ubicó 50 metros aproximadamente de la desembocadura del río Qochoq.

Fuente: Propia

3.1.2. Muestreos

Para las tomas de muestra se usó el libro “Metodologías de colecta, identificación y análisis de las comunidades biológicas: bentos (macroinvertebrados) continentales del Perú, del Ministerio del Ambiente” (Palma y Arana 2014). Para ello se dispuso una red de mano en contra de la corriente y a su vez se removió el fondo para captar los macroinvertebrados presentes, cubriendo un área de 6 m² aproximadamente. Seguidamente se procedió a procesar el material recolectado sobre un cedazo y sobre 1 filtro para lavar el exceso de lodo facilitando la identificación y conservación del material. Adicionalmente se recogieron los organismos adheridos a piedras, ramas, hojas y otros objetos que hay en el lugar. Las muestras se guardaron en recipientes de vidrio con alcohol al 70%, debidamente rotulados y refrigerados. Por último, se identifican con la ayuda de una lupa de 90 mm y con la ayuda de las claves de identificación de macroinvertebrados.

3.1.3. Análisis de métodos.

3.1.3.1. Calculo de Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP).

La evaluación de la calidad del agua en los puntos de estudio se realizó a través del índice BMWP, accesible para el reconocimiento de macroinvertebrados de variedad diversidad y cualitativos. En cual se ordenaron las familias de macroinvertebrados en 10 niveles con puntuaciones de 1 a 10, siendo que el 1 es a mayor tolerancia y el 10 es de menor tolerancia (Roldán, 2012). El Índice Biological Monitoring Working Party se estimó mediante la (Ecuación 1) de la siguiente manera:

$$BMWP= T1 + T2 + T3 + \dots Tn \quad (E.1)$$

Donde, T es el nivel de tolerancia de cada macroinvertebrado encontrado y el número corresponde a la familia, resultado una sumatoria de todas las familias que indican los niveles de la calidad de agua. La riqueza se determinó por el número de familias encontradas en cada punto y su composición como la identidad de cada una de ellas (Tabla 4).

3.1.3.2. Calculo de Índice Ephemeroptera Trichoptera (EPT).

La evaluación de la calidad del agua en los puntos de estudio se realizó a través del Índice EPT en cual se consideran como indicadores de buena calidad de agua por su sensibilidad a la contaminación, en su taxonomía, ecología como bioindicadores de la calidad del agua (Rosas-Acevedo et al., 2014). El valor obtenido se compara en un cuadro de calidad de agua, El Índice ETP se estimó mediante la Ecuación 2 de la siguiente manera:

$$ETP= (N^{\circ} \text{ de ETP} / N^{\circ} \text{ total de Individuos}) * 100 \quad (E.2)$$

Donde, N° de ETP es el número total de individuos de los órdenes Ephemeroptero, Plecoptera y Trichoptera y N° de individuos es el total registrado con otros tipos de órdenes

o familias en total para así multiplicar por 100 lo cual las tablas de índice nos dan en porcentaje de calidad de agua (Tabla 5).

3.1.3.3. Índice Biótico Andino.

Para la evaluación de la calidad de agua en los puntos de estudio se realizó a través del Índice Biótico Andino. El cual se considera algo similar al BWMP, pero por la diferencia a su alta sensibilidad a la contaminación, adaptadas para la altura mayores de 2000 msnm, relacionada a situaciones andinas para la identificación resultante de la evaluación de agua, con cada familia tiene un valor 10= sensible; 1=tolerante dando la suma total del puntaje indica de la calidad de agua (Velásquez, 2015). El Índice Biótico Andino se estimó mediante la Ecuación 3 de la siguiente manera.

$$ABI=T1+T2+T3\dots+Tn. \quad (E.3)$$

Donde, T es el nivel de tolerancia de cada macroinvertebrados encontrado y el número corresponde a la familia, resultado una sumatoria de todas las familias que indican los niveles de la calidad de agua. La cual es ayudada con una aplicación apoyada en una investigación la cual es gratuita donde puede accederse a ella da por la universidad USAID de los Estados Unidos, su enlace: <http://kevin-m-smith.github.io/abi-app/www/> (Smith y Nathan, 2018).

3 RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Diversidad

Se colectaron 1631 individuos pertenecientes a 11 ordenes, 25 familias. El mayor número de familias encontradas es de 276 pertenecientes a la orden díptera. Mientras que el orden representado por el menor número de familias es *Empididae*, *Acanthagrion*, *Elmidae*, apenas 5. Las familias con poblaciones más abundantes que resultaron del estudio son

Ceratopogonidae (*Diptera*) con 276 individuos respectivamente las 25 taxas de macroinvertebrados bentónicos (MBI) en el trabajo de investigación se encontraron en cada punto relacionado a la estación de estiaje y avenida, el P1 con un total de 407, el P2 con un total de 313, el P3 con un total de 370 y el P4 con un total de 541 (Figura2); según el orden de macroinvertebrados se obtuvo: *Odonatos* (121), *Trichoptera* (333), *Coleoptera* (51), *Ephemeroptera* (52), *Amphipoda* (87), *Haplotaxida* (55), *Díptera* (494), *Hirudinea* (107), *Oligochaeta* (49) y *Gasteropoda* (255) (Tabla 2)

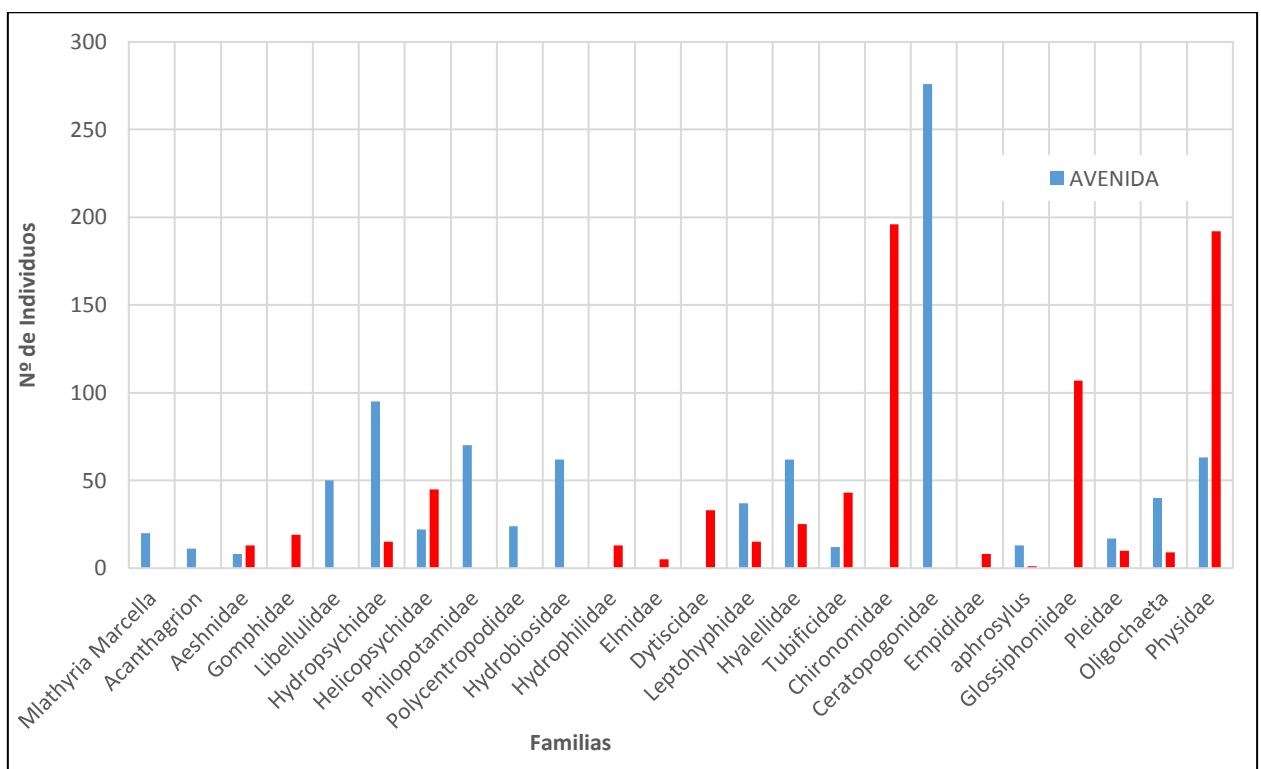


Figura 2. Frecuencias de Familias de macroinvertebrados asociados con las estaciones de Avenida y Estiaje.

Tabla 2.

Caracterización de macroinvertebrados asociados a las estaciones de estiaje y avenida en el río Vilcanota (Nov, Dic 2020 – Ene, Agt, Sept, Nov 2021).

Periodo		Avenida												Estiaje						Total			
Puntos de monitoreo		P1			P2			P3			P4			P1		P2		P3		P4			
Orden	Familia	N	D	E	N	D	E	N	D	E	N	D	E	A	S	O	A	S	O	A	S	O	
Odonatos	Mlathyria Marcella	6	4			2					1	1	6										121
	Acanthagrion	7			2					2													
	Aeshnidae			3		1	3				1				12							1	
	Gomphidae													3	2			2	2	5		5	
	Libellulidae	12	16					4	6	3					9								
Trichoptera	Hydropsychidae			9	11	13		16			2	3	23		1							4	333
	Helicopsychidae		11				2		2					7			3				11		
	Philopotamidae	13	10			2					1	5	15	15									
	Polycentropodidae							11	13														
	Hydrobiosidae				20	20	12		5	5													
Coleoptera	Hydrophilidae													4	1			2	3	2		1	51

	Elmidae																1		1	3					
	Dytiscidae											3		2											
												1													
Ephemeroptera	Leptohephidae		2	12	3	2	2	16					4	5			6				52				
Amphipoda	Hyalellidae	7							10	11	1	11	12	1			1			10	87				
Haplotaxida	Tubificidae			2	3	3		2	2											3	40	55			
	Chironomidae												4	2	6	3	2	5	22	3	24	9			
												0			8		0								
Diptera	Ceratopogonidae	32	12	18			15	22	24	21	4	43	46									494			
											3														
	Empididae												5				3								
	aphrosylus		7				5			1				1											
Hirudinea	Glossiphoniidae												1				12	2		8	4	10	107		
													0				4				3				
Hemiptera	Pleidae	2		4		6		3				2		2	1		2	3			1	1	27		
Oligochaeta	Oligochaeta	7		1	4	8	2		7	5	3	3									6	3	49		
Gasteropoda	Physidae		2	17	3		11	2	2	3			23	3	6	4		33	20	1	9	6	37	30	255
													0							7					
Total de puntos			216			155			198			313		191		158			172		228		1631		

Fuente: Propia, ciclos que se ven en la tabla (N=Noviembre, D=Diciembre, E=Enero, A=Agosto, S=Septiembre, O=Octubre)

3.2. Resultado del Indices Biological Working Monotoring Party

Los macroinvertebrados asociados en las temporadas de estiaje y avenida son de categoría III, IV, V En general calculando que el puntaje promedio a los periodos de muestra de los cuatro puntos de monitoreo dan un valor de 34, donde el valor de BMWP es de clase IV indicando que la calidad de agua es crítica (Tabla 3). El P1 define que la calidad de agua como dudosa en la época de avenida y en la época de estiaje con una calidad de agua critica, teniendo relación con la evaluación del P2 define que la calidad de agua es dudosa en la época de avenida y en la época de estiaje con la calidad de agua son críticas y muy críticas. El P3 define la calidad de agua dudosa en la época de avenida y la época de estiaje de calidad de agua critica. Así mismo el P4 en la estación de estiaje son de variantes de crítico y muy crítico por el cual en la época de avenida es de generación dudosa. (Figura 3)

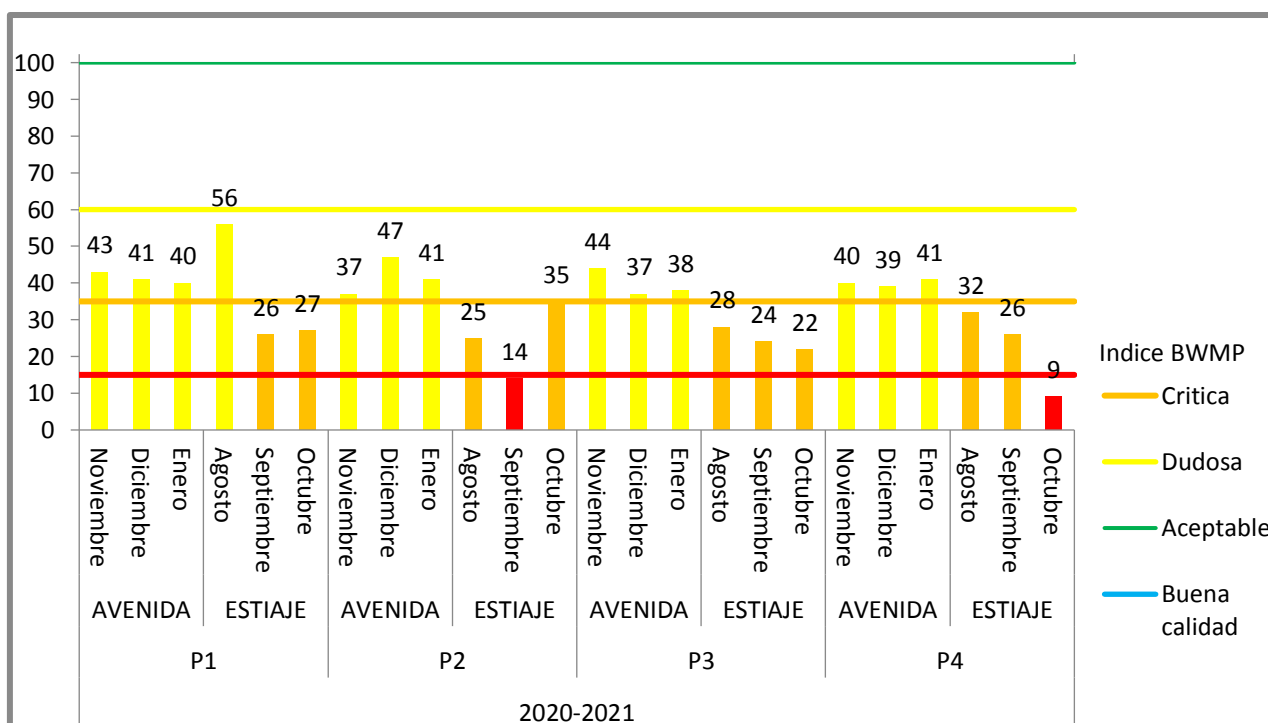


Figura 3. Evaluación de los resultados según las estaciones de avenida y estiaje por el índice BMWP/Col

Tabla 3.*Clasificación de calidad del agua según el BMWP / Col Roldan 2003.*

Clase	Valor de BMWP	Calidad del agua
I	150,101-120	Buena calidad
II	61-100	Aceptable
III	36-60	Dudosa
IV	16-35	Crítica
V	<15	Muy crítica

Fuente: BMWP modificado de Roldán, 2003 por Álvarez, 2006.

3.3. Resultado del Indices Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera

El índice EPT se evaluó en los cuatro puntos de monitoreo, en la época de avenidas con calidad de agua regular y en estiaje con calidad de agua mala. Dando como resultado un porcentaje de 43%, 41% y 21% en época de avenida con una calidad de agua regular y con un porcentaje de 15%, 2%, 7% en época de estiaje con una calidad de agua mala.

El cálculo de EPT, con una simple fracción entre (la cantidad de EPT y la cantidad Total) da un resultado regular (Amarillo) y Mala (Rojo) está en un rango del 0 - 24% y 25% - 49%. (Figura 4). En general calculando que el puntaje promedio a los periodos de muestra de los cuatro puntos de monitoreo con un valor de 22%, donde el valor de ETP es de calidad de agua es mala (Tabla 4).

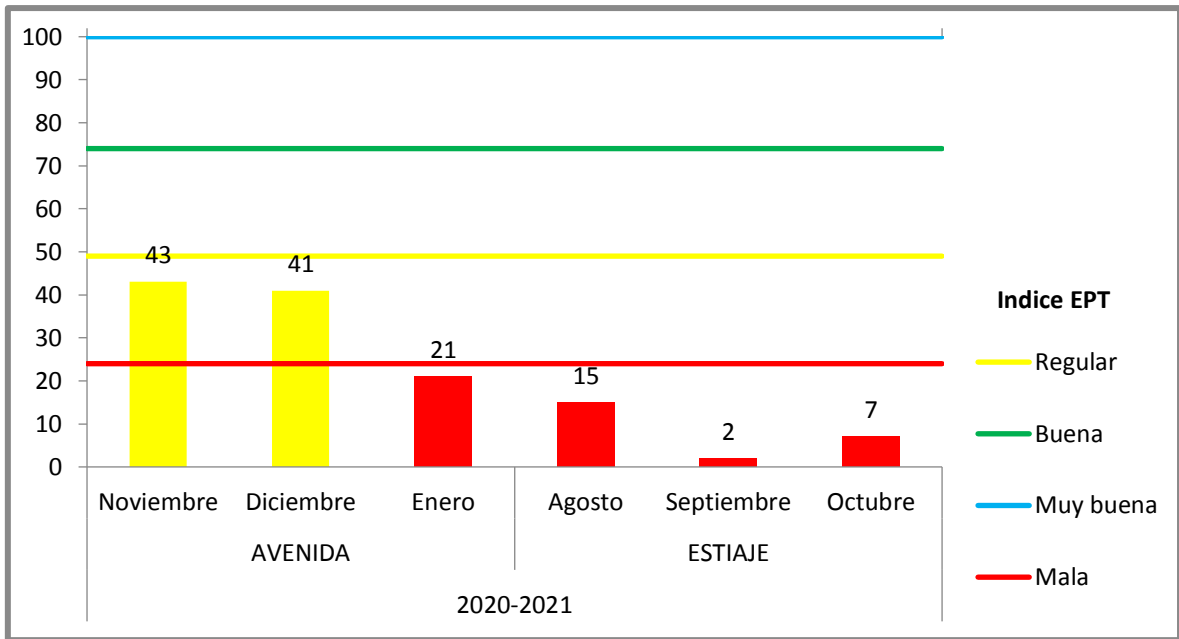


Figura 4. Evaluación de las estaciones de avenida y estiaje, según este índice de EPT.

Tabla 4.

Clase de familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados y clasificados según el Índice EPT.

CALIDAD DE AGUA	
75 - 100%	Muy buena
50 - 74%	Buena
25 - 49%	Regular
0 - 24%	Mala

Fuente: (Juan y Peralta Angeles, 2013)

3.4. Resultado del Índice Biotico Andino

Se calculó el Índice ABI para los macroinvertebrados asociado a las estaciones en los periodos de avenida y estiaje, el valor para el P1 define la calidad de agua regular en época de avenida y en época de estiaje con calidad de agua mala. El P2 define la calidad de agua regular y en época de estiaje con aguas malas y muy malas. El P3 define la calidad de agua regular y en época de estiaje con aguas malas, En el P4 define la calidad de agua regular

y en época de estiaje con aguas malas y muy malas. En general calculando que el puntaje promedio a los periodos de muestra de los cuatro puntos de monitoreo con un valor de 30, donde el valor de ABI es de clase III indicando que la calidad de agua es regular (Figura 5).

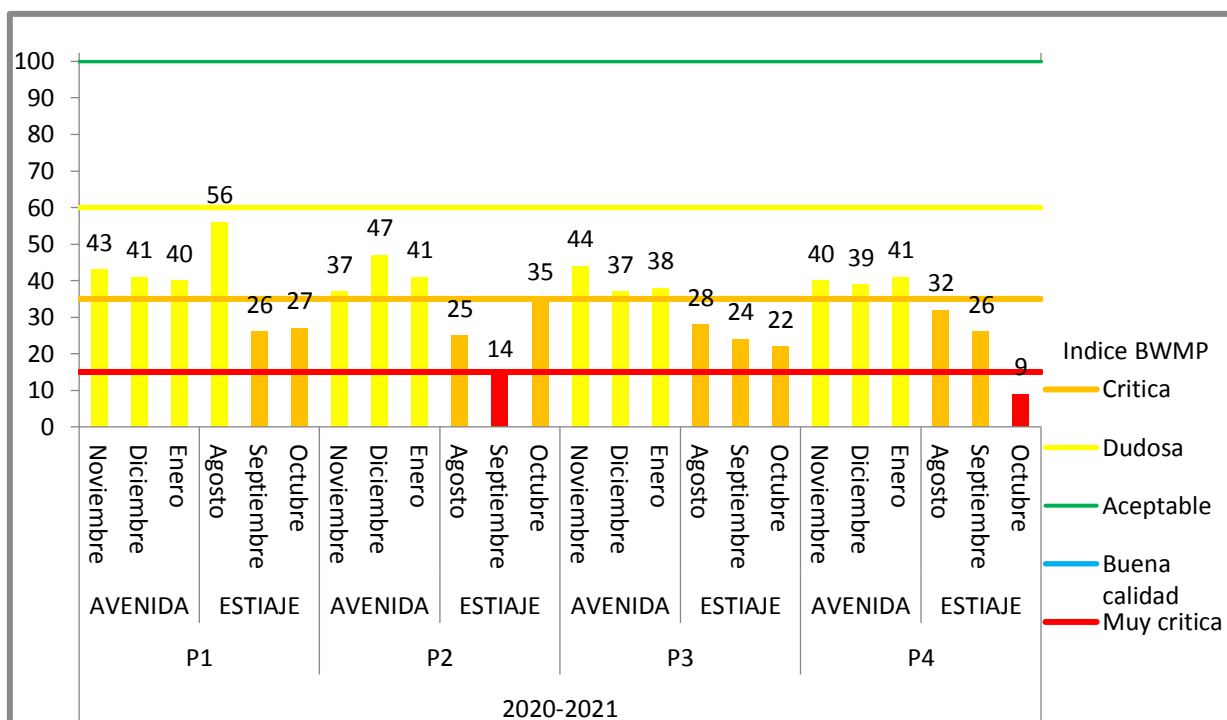


Figura 5. Evaluación de las estaciones de avenida y estiaje, evaluado según el Índice Biótico Andino (ABI)

Tabla 5.

Clasificación de calidad del agua según el ABI.

Calidad	Clase	Puntaje
Excelente	I	>70
Buena	II	45-70
Regular	III	27-44
Mala	IV	11-26
Muy mala	V	<11

Fuente:(Mirian Noemí Velásquez Guarniz, 2015)

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.

Los resultados obtenidos tras la aplicación del índice BMWP indican que las aguas de los puntos del río Vilcanota presentan, a nivel general en época de avenidas como aguas dudosas y en la época de estiaje presenta un aumento de grado de contaminación, los valores del índice definen de calidad crítica y muy crítica, debido a que sus valores se encuentran en la clase IV y V (por debajo de 35).

Los resultados obtenidos tras la aplicación del índice ABI indican que las aguas de los puntos del río Vilcanota presentan, a nivel general en época de avenidas como aguas regulares y en la época de estiaje presenta un aumento de grado de contaminación, los valores del índice definen de calidad mala y muy mala.

El índice EPT define signos de calidad mala, prácticamente están relativamente bajo por su poca muestra que realiza en las familias de EPT, lo cual explica la generación de contaminación en el lugar por las aguas vertidas y generaciones de residuos por la misma comunidad. Así mismo la abundancia y diversidad de macroinvertebrados, según sector y época de muestreo, presentaron diferentes significativas.

4.2. Recomendaciones

Promover el uso de esta metodología en la cuenca de la región para enriquecer el listado de familias y géneros, para así conocer mejor los valores de tolerancia y sensibilidad de estas diferentes anomalías que puedan contaminar al recurso hídrico.

Realizar muestreos para la colecta de macroinvertebrados acuáticos durante el año para determinar la calidad de agua en los mismos sitios de muestro realizados en este estudio

para valorar con más precisión los indicadores biológicos, tomando en cuenta las variables físicas y químicas.

Promover la difusión de esta metodología e introducir esta metodología tan útil y acreditada por otros países ya que no es común encontrar con algún estudio previo publicado de macroinvertebrados acuáticos. Integrar el uso de los equipos de monitoreo de la calidad de agua y comparar entre esta metodología simple con la tecnología actual y ver cuánto de error se tiene entre estos dos campos si uno es más factible que el otro o lo contrario.

Promover campañas de sensibilización del cuidado de nuestro medio ambiente en la comunidad para poder limpiar, acciones de recojo de residuos y cuidar el recurso hídrico.

REFERENCIAS

- ANA. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. In Autoridad Nacional del Agua, 91-92.
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf
- Baumann, R., Lee, J.(2014). Neaviperla is a valid stonefly genus in North American (Plecoptera: Chloroperlidae). *Illiesia*, 10(9), 80–87. <http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:2B06F98F-D1F6-4FB4-8B62-90EE1E780EE2>
- Bullón, V. (2016). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo. Universidad Nacional Del Centro Del Centro De Posgrado, 70. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3462>
- Canchapoma, K., Casas, K., Palacin, A., Rojas, D., y Vargas, I. (2016). La biodiversidad de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua en los ríos de Junín. *Ingenium*, 01(02), 35–39. <http://dx.doi.org/10.18259/ing.2016012>

- García Rengifo, C., y Endara, A. (2020). Evaluación de la calidad del agua en el río Alambrado utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la zona del embalse de la Laguna de la Mica. *Bionatura*, 5(4), 1380–1386. DOI. 10.21931/RB/2020.05.04.17
- Guerrero-Bolaño, F., Manjarrés-Hernández, A., y Núñez-Padilla, N. (2003). Los macroinvertebrados bentónicas de pozo azul (cuenca del río gaira, colombia) y su relación con la caudal del agua. *Acta Biológica Colombiana*, [en línea], (2). Universidad del Magdalena. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/38715/26670-93432-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INDECI. (2009). Mapa de peligros de la ciudad de Calca. Informe Final, 01(02) 320.
- López, C. y Yucra, Y. (2017). "Incidencia de la inclusión financiera en el nivel de pobreza de los habitantes de la provincia de Calca en el periodo 2010 – 2015. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 135(January 2006), 989–1011. https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/1289/Cesar_Yordy_Tesis_bachiller_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Meneses-Campo, Y., Castro-Rebolledo, M. I., y Jaramillo-Londoño, A. M. (2019). Índices comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los Índices BMWP/COL. Y ABI. *Acta Biologica Colombiana*, 24(2), 299–310. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>
- Miranda, L. y Palomino, C. (2021). Comunidad de macroinvertebrados en el río Hatunmayo. *Cantua*, 16, 44–53. DOI:10.51343/cantu.v16i0.631
- Velásquez M. (2015). Macroinvertebrados Bentónicos Como Bioindicadores de Calidad de

- Agua En Lagunas de La Cabecera de Cuenca del Rio Rímac y Cuenca Del Mantaro de la Región Central del Perú, 2015. 4(3), 57–71.
<http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.01.09>
- Núñez, J. C. y Fragoso-Castilla, P. J. (2019). Uso de Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación del Agua de la Ciénaga Mata de Palma (Colombia). *Información Tecnológica*, 30(5), 319–330. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500319>
- Ortiz, L. (2005). La Bioindicacion De La Calidad Del Agua. *Umbral Científico*, 7, 5–11.
<https://www.redalyc.org/pdf/304/30400702.pdf>
- Oscoz, J., Campos, F. y Escala, M. C. (2006). Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas. *Limnetica*, 25(3), 683–692. DOI: 10.23818/limn.25.46
- Palma, C. y Arana, J. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas. In *Radiologe* (Vol. 49).
<https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/Métodos-de-Colecta-identificación-y-análisis-de-comunidades-biológicas.compressed.pdf>
- Paredes, C., Ianacone, J., y Alvarino, L. (2004). Macroinvertebrados bentonicos como indicadores biologicos de la calidad de agua en dos rios de Cajamarca y Amazonas, Peru. *Rev. per. Ent.*, 2–3. <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/189>
- Quirós, J., Dueñas, P., y Ballesteros, J. (2010). Macroinvertebrados asociados a la raices de *Eichhornia crassipes* (Mart). Solms, en dos sectores del complejo cenagozo del bajo

Sinú, Departamento de Córdoba, Colombia. Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, 22(2), 147–157.

<https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/95>

Ríos-Touma, B., Acosta, R., y Prat, N. (2014). The Andean biotic index (ABI): Revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 249–273.

DOI: 10.15517/rbt.v62i0.15791

Rodríguez Castillo, A., Roldán Rodríguez, J., y Bopp Vidal, G. M. (2021).

Acroinvertebrates Bentonsbiological Quality Indicators of the Water of Highaltitudeandean Lagoons, La Libertad-Peru. *Rebiol*, 41(1), 91–101.

<http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.01.09>

Roldán-Pérez, G. (2012). Macroinvertebrados Como Bioindicadores De La Calidad Del Agua. 14(1). <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>

Roldán, G. (2012). El Uso De Macroinvertebrados Como Bioindicadores De La Calidad Del Agua. In *Revista Biocenosis* 20(3) 1–2 <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>

Roldán, G. y Ramirez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. 3(1), 2-3.

<http://repositorio.acefyn.org.co/handle/001/71>

Rosas-Acevedo, J. L., Ávila-Pérez, H., Sánchez-Infante, A., Rosas-Acevedo, A. Y.,

García-Ibañez, S., Sampedro-Rosas, L., Granados-Ramírez, J. G., y Juárez-López, A. L. (2014). Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(2), 82–88. <http://reibci.org/publicados/2014/julio/2200103.pdf>

Sánchez, M. y Carvacho, L. (2006). Estimación de evapotranspiración potencial, ETP, a

partir de imágenes NOAA-AVHRR en la VI región del Libertador General Bernardo O'Higgins. *Revista de Geografía Norte Grande*, 36, 49–60.

<http://revistanortegrande.uc.cl/index.php/RGNG/article/view/41313>

Springer, M. (2010). Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 53–59.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44922967003>

Vásquez, M. y Medina, C. (2015). Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Ancash, Perú) 2014. *Rebiol*, 35(2), 1–15.

<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/1079/1007>

Velásquez, M. N. (2015). Macroinvertebrados Bentónicos Como Bioindicadores de Calidad de Agua En Lagunas de La Cabecera de Cuenca del Rio Rímac y Cuenca Del Mantaro de la Región Central del Perú, 2015. 4(3), 57–71.

<https://doi.org/10.21704/rea.v17i2.1235>

ANEXOS

Anexo A. Panel Fotográfico.



Fotografía 1. Lugar de estudio Rio Vilcanota



Fotografía 2. Recolección de macroinvertebrados



Fotografía 3: Recolección de macroinvertebrados en puntos de monitoreo



Fotografía 4: Monitoreo y recolección de macroinvertebrados en algas.



Fotografía 5: Recolección en frascos para su respectiva identificación.



Fotografía 6: Contando los frascos de los diferentes puntos de monitoreo.



Fotografía 7: Frascos recolectados de los puntos de monitoreo.



Fotografía 8: Conteo y separación por familias de macroinvertebrados recolectados.



Fotografía 9: Macroscopio para el reconocimiento de macroinvertebrados.



Fotografía 10: Identificación de macroinvertebrados y separación biótica.



Fotografía 11: Macroinvertebrado *Ostracoda* proceso de adultez.



Fotografía 12: Macroinvertebrado Hyalellidae en su forma adulta.



Fotografía 13: Macroinvertebrado Ninfa de Gomphidae.



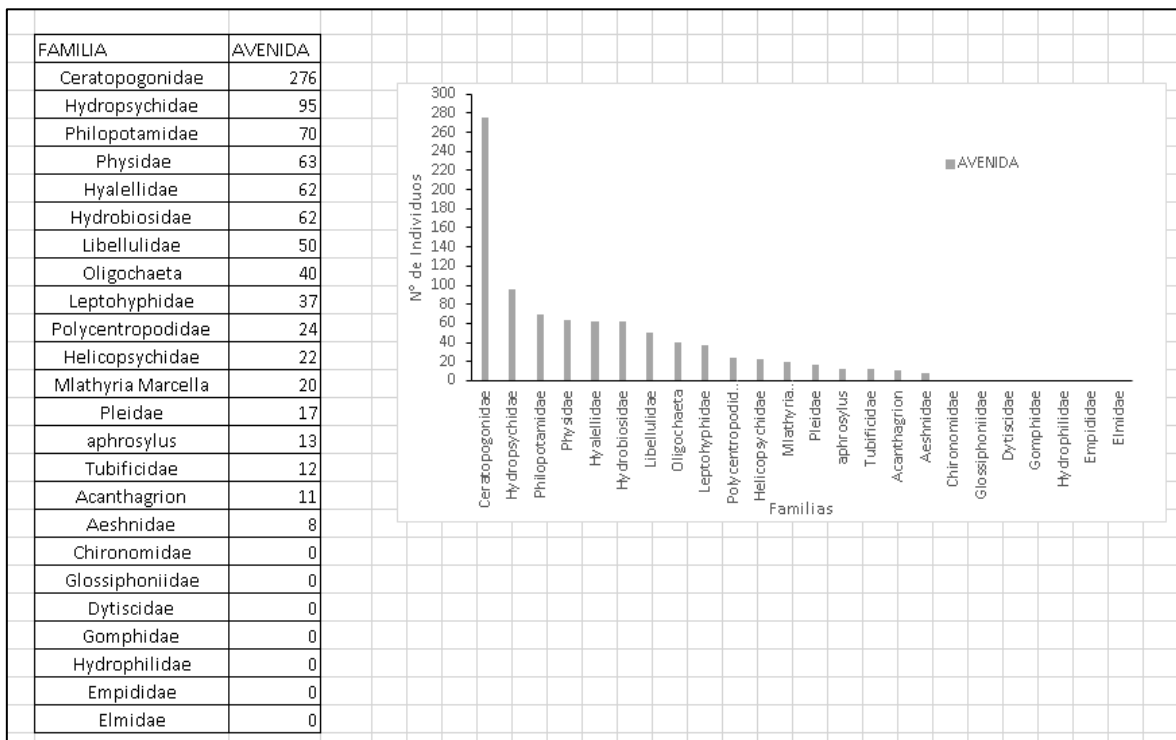
Fotografía 14: Macroinvertebrado *Corixidae* en forma adulta.

Anexo B. Procesamiento de Datos.

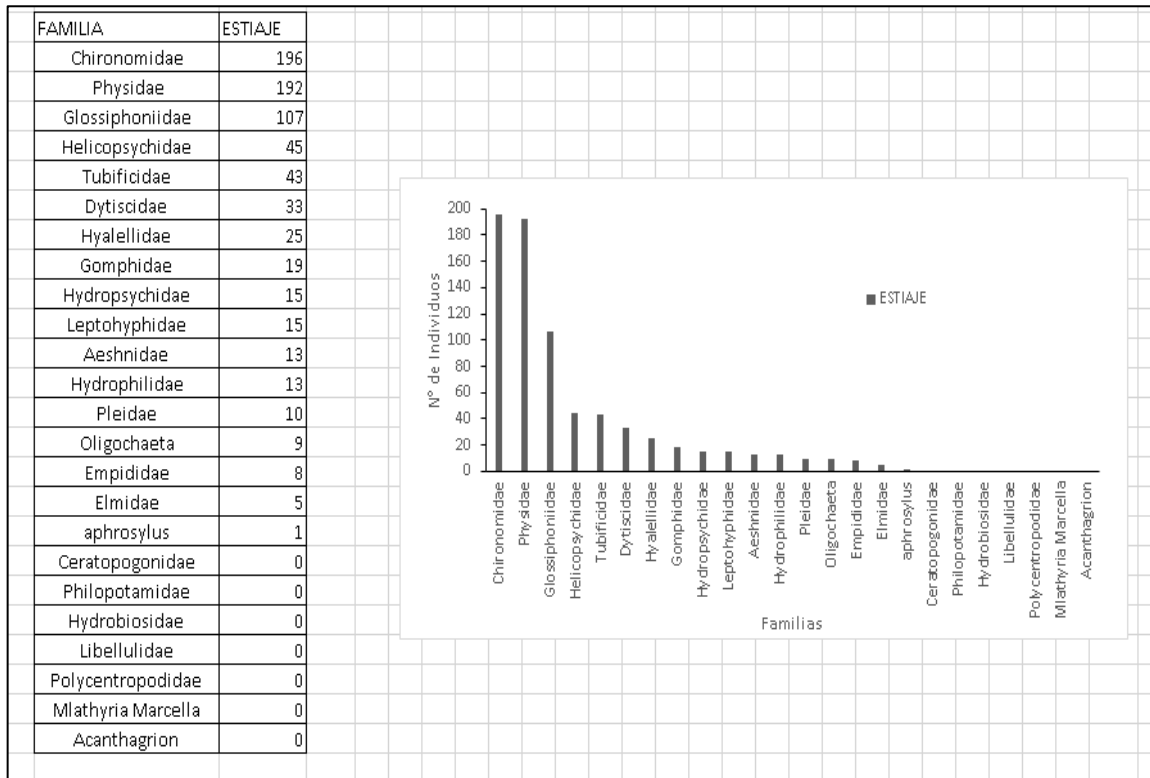
Anexo B.1. Procesamiento de los datos generales recolectados en el río Vilcanota.

PERIODO		AVENIDA												ESTIAJE												Total
PUNTOS DE MONITOREO		P1			P2			P3			P4			P1			P2			P3			P4			
Orden	Familia	Nov	Dic	En	No	Dic	En	No	Dic	En	No	Dic	En	Agt	Se	Oct	Agt	Se	Oct	Agt	Se	Oct	Agt	Se	Oct	
Odonatos	Mlathyria Marcella		6	4			2				1	1	6													
	Acanthagrion	7			2					2																
	Aeshnidae			3		1	3				1														1	
	Gomphidae													3		2			2	2	5			5		
Trichoptera	Libellulidae	12	16					4	6	3				9												
	Hydropsychidae			9	11	13		16			23	23		11											4	
	Helicopsychidae		11				2		2					7			34						11			
	Philopotamidae	13	10				2				15	15	15													
	Polycentropodidae							11	13																	
Coleoptera	Hydrobiosidae				20	20	12			5	5															
	Hydrophilidae													4		1			2	3	2		1			
	Elmidae																		1		1	3				
Ephemeroptera	Dytiscidae													31		2										
	Leptohyphidae		2	12	3	2	2	16							4		5			6						
Amphipoda	Hyalellidae	7								10	11	11	11	12	14				1						10	
Haplotaxida	Tubificidae			2	3	3		2	2															3	40	
Diptera	Chironomidae													40	2	6	38		2	50	22	3		24	9	
	Ceratopogonidae	32	12	18			15	22	24	21	43	43	46													
	Empididae													5					3							
	aphrosylus			7			5			1						1										
Hirudinea	Glossiphoniidae												10					12		24		8	43		10	
Hemiptera	Pleidae	2		4		6		3				2		2	1		2	3						1	1	
Oligochaeta	Oligochaeta	7		1	4	8	2		7	5	3	3											6		3	
Gasteropoda	Physidae		2	17	3		11	2	2	3			23	30	6	4		33	20	17	9	6		37	30	
TOTAL POR PUNTOS		216			155			198			313			191			158			172			228			1631

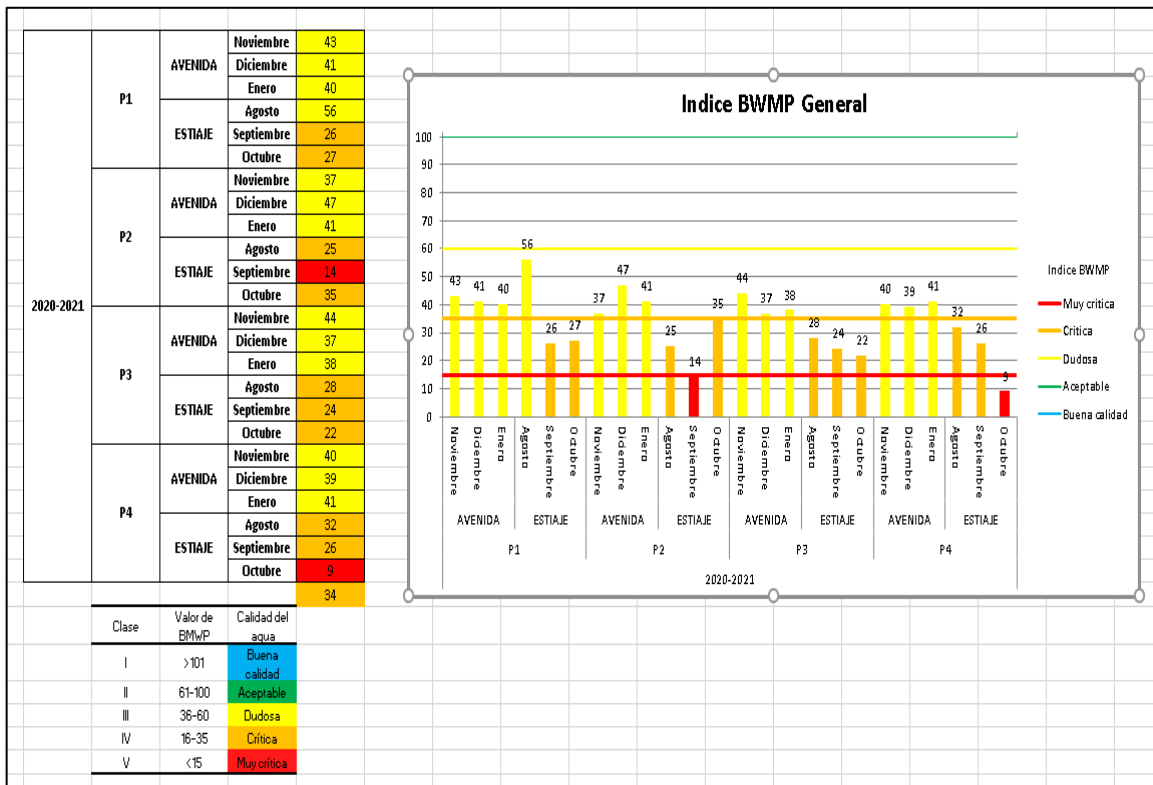
Anexo B.2. Procesamiento de los datos para Avenida



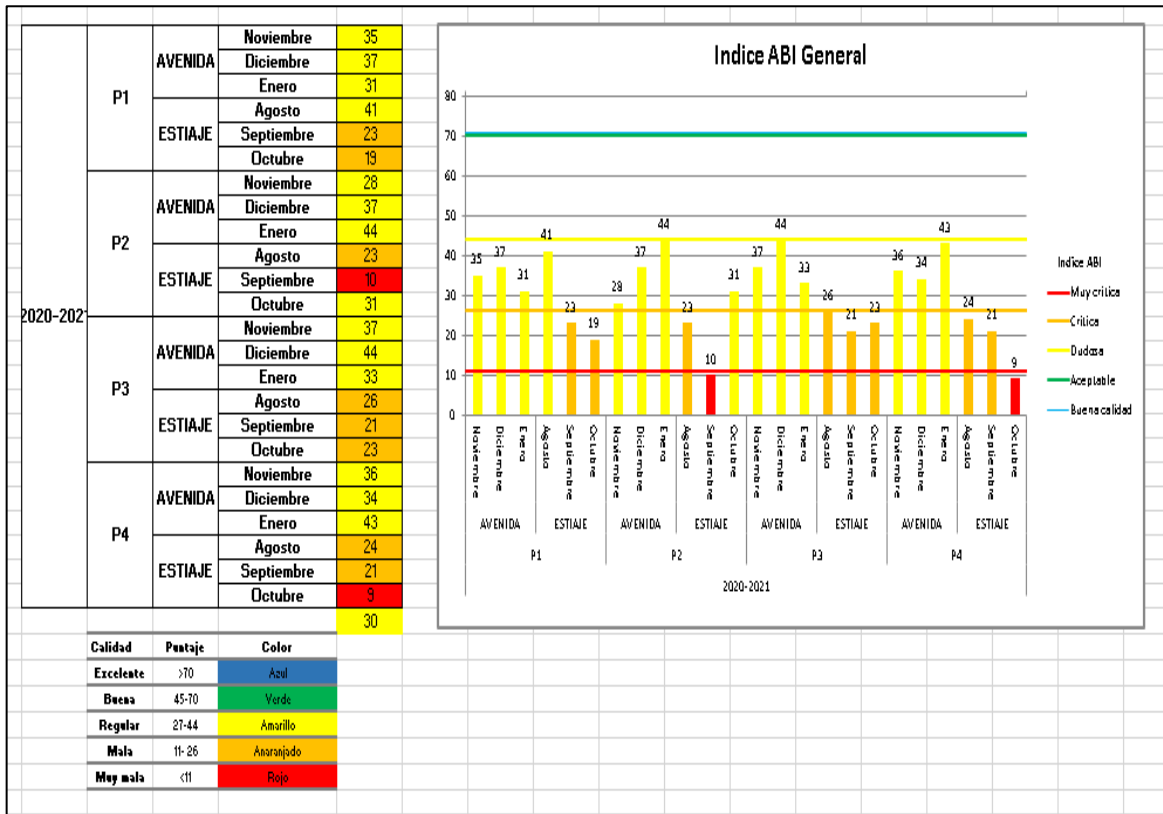
Anexo B.3. Procesamiento de los datos para Estiaje.



Anexo B.4. Procesamiento de los datos para el Índice BMWP.



Anexo B.5. Procesamiento de los datos para el Índice ABI.



Anexo B.6. Procesamiento de los datos para el Índice EPT.

