



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Revisión Sistemática: Macroinvertebrados Acuáticos como
Bioindicadores del Estado Ecológico de los Cuerpos de Agua
Lóticos, para Monitoreo no Tradicionales.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Arroyo Zuñiga, Carlos Alfonso (ORCID:0000-0002-0839-5727)

ASESOR:

Dr. Túllume Chavesta, Milton César (ORCID:0000-0002-0432-2459)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Tesis dedicada a Dios, a mi madre Dora Zuñiga Durand, que siempre estuvo, está y estará en mi vida, en cada paso de mi carrera profesional y personal, por su apoyo incondicional y formar parte de este logro, sin ella nada tendría sentido, porque dejo todo para que su hijo tenga una mejor educación la cual ella no tuvo.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a Dios en primer lugar por darnos la vida, y por no abandonarnos en este momento de pandemia, gracias de corazón a mi madre por todo el apoyo moral y por estar siempre ahí conmigo sin desmayar en las buenas y en los malos momentos, a la Universidad Cesar Vallejo por darnos la oportunidad de graduarnos en su alma mater, al asesor por guiarnos en la redacción y culminación de la tesis.

Índice de contenidos

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vi
RESUMEN	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. MÉTODO	14
3.1 Tipo y diseño de investigación	14
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística	15
3.3 Escenario de estudio	17
3.4 Participantes	17
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.6 Procedimientos	18
3.7 Rigor científico	20
3.8 Método de análisis de información	22
3.9 Aspectos éticos	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
V. CONCLUSIONES	35
VI. RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS	37
ANEXOS	45

Índice de Tablas

Tabla 1: Puntuación de las familias de macroinvertebrados para obtener BMWP/Col	10
Tabla 2: Método BMWP/col.....	11
Tabla 3: Matriz de categorización apriorística	16
Tabla 4: Base de datos empleados y criterios de búsqueda.....	19
Tabla 5: Historia de los primeros estudios en el uso de macroinvertebrados en el mundo.	25
Tabla 6: Clasificación de la calidad agua según el IBF.....	29
Tabla 7: Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP/Col y ASTP.....	30
Tabla 8: Clasificación de la Calidad del Agua según el EPT.	31
Tabla 9: Clases de estado ecológico según el IBA	32

Índice de Figuras

Figura 1: Macroinvertebrados como bioindicadores.....	13
Figura 2: Cuadro jerárquico de la evidencia	14
Figura 3: Tipo de Bioindicadores	26
Figura 4: Tipo de Índices Bióticos Empleados.....	26
Figura 5: Tipo de Índices Ecológicos	27

Resumen

En el Perú, se usan métodos de evaluación y caracterización de la calidad de cuerpos de aguas mediante técnicas basadas exclusivamente en análisis físico-químicos, metodología que muchas veces no es un buen indicador en el tiempo del estado ecológico de los cuerpos loticos, en ese sentido se necesitan nuevas metodologías, fáciles de usar, valorar, bajo costo, de réplica sencilla, de usarse en cualquier parte del país (costa, sierra y selva). Es por ello que la presente investigación de tópicos narrativos, tuvo como objetivo determinar si el empleo de macroinvertebrados como alternativa al monitoreo tradicional aportaran en la caracterización de la calidad de los cuerpos de agua loticos.

En tal sentido se hizo una revisión sistemática de artículos científicos relacionados al tema, de los cuales se consultaron 60 artículos, de ellos 50 son específicamente relacionados a los macroinvertebrados acuáticos, consultándose portales de la Universidad Cesar Vallejo, Science Direct, EBSCO, SciELO y Google académico. De la investigación realizada se identificaron varios índices biológicos que usan a los macroinvertebrados como indicador de la calidad ecológica de un cuerpo de agua. De los índices, el cual más destacó por relevancia y facilidad de uso, fue el Biological Monitoring Working Party (BMWP) basado en puntuación del 1 – 10, en función del grado de sensibilidad de los taxones de familias, el otro índice de importancia fue el Andean Biotic Index (ABI), de igual puntuación al BMWP, pero con la característica que se usan mayormente para cuerpos de agua altoandinos, mayores a 2000 msnm. El índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), hace referencia a cálculos basados en Ordenes sensibles a la contaminación presentes en la muestra, por último, es recomendable el uso de estos organismos acuáticos como bioindicadores de calidad de agua de los cuerpos loticos, como alternativa a los monitoreos tradicionales, por su fácil uso e interpretación.

Palabras clave: Macroinvertebrados, Bioindicadores, Índice, Calidad de agua.

Abstract

In Peru, evaluation methods are used, as well as the characterization of the quality of water bodies are used based exclusively on physical-chemical analysis, methodology that most of the time is not a good indicator related to the ecological states of lotic bodies, in that way; new easy to use, low cost, simple, and easy to use anywhere inside the country methodologies are required (coast, mountains and jungle). Therefore, this investigation full of narrative topics, aimed to determine if using macro invertebrates as an alternative to traditional monitoring and they will contribute to the quality characterization.

In that way, a systematic review of scientific articles related to this topic was done, there were checked around 60 articles, from which 50 of them are specifically related to aquatic macro invertebrates, being consulted portals from Cesar Vallejo university, Science Direct, EBSCO, Scielo and Academic Google. From this checked investigation there were identified many biological indexes that use macro invertebrates as indicators of the ecological quality of water bodies. From these indexes, the one that overcame because of its revelation and easy to use, was the Biological Monitoring Working Party (BMWP) based in a 1-10 punctuation, in a family taxa sensitivity grade, another important index was the Andean Biotic Index (ABI), same punctuation than BMWP, but with a characteristic used mostly for high Andean water bodies, more than 2000 meters above level water. The Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT) index, make reference to calculus based in sensitive orders to contamination presented in the sample. Finally, it is recommended the using of the aquatic organisms as water quality bio indicators for lotic bodies, as an alternative to the traditional monitoring, for its easy use and revelation.

Keywords: Macro invertebrates, Bioindicators, Index, water quality

I. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente la estimación y/o caracterización del estado de la calidad de un cuerpo de agua loticos y lenticos (agua continental) se basa en análisis físico químicos y bacteriólogos, que, en los últimos años, se han incluido en la caracterización de cuerpos de aguas naturales (aguas continentales). Las comunidades acuáticas que existen en él, son un instrumento básico para valorar su entorno característico donde viven (MADERA, Lisbeth C. et al 2016). Además, para los ecologistas, la Biocinosis acuático es un sistema en el que el medio no vivo y los seres vivos intercambian material y energía de forma regular, por lo tanto, la interrelación biológica y química del entorno, están apretadamente afines y juegan un rol adicional en la evaluación de los cuerpos loticos limpios y contaminados (ROLDÁN, G – Pérez., 2016).

Del mismo modo, los macroinvertebrados acuáticos se pueden definir como todos ser vivo que se encuentra en fondo del agua y encima de ella, de los cuerpos loticos y lenticos, adheridos a plantas acuáticas, troncos de árboles y rocas sumergida. Las poblaciones pueden está compuesta principalmente por gusanos planos, insectos, moluscos y crustáceos. Por tanto, el tamaño de los grandes invertebrados se puede observar de manera fácil, oscilando entre 0.5 mm y aproximadamente 5.0 mm. La estructura de estas agrupaciones de organismos acuáticos, si refleja el atributo en el ecosistema acuático; por esta razón las metodologías de estimación fundados en este organismo se han utilizado ampliamente como un componente de la evaluación en estado de salud de un cuerpo de agua durante décadas. (ROLDÁN, G.- Pérez., 2016).

Al respecto, para evaluar los impactos ejercidos por las otras acciones antropogénicas sobre la característica ecológica de agua en los cuerpos loticos y lenticos (agua continental) es necesario investigar la biodiversidad de los macroinvertebrados acuáticos presentes para obtener información de puntos que sirva como referencia y un método para una evaluación rápida eficaz respecto al estado ecológico de un cuerpo de agua y sus comunidades como alternativa de los monitoreo tradicionales (GALEANO, Esnedý; .et al., 2017).

Desde hace años se hace uso del método de BMWP /Col, la cual es un instrumento eficaz, fácil y económicamente viable para determinar las interacciones que suceden en el hábitat entre los seres vivos, de los cuerpos de agua, comparando con técnicas de muestreo tradicionales (parámetros físico químicos) que presentan un mayor costo y menor practicidad (Oñate, Hernando; Cortéz Henao, Gridis, 2020 p. 40)

El mismo autor señala que la permanencia o desaparición de invertebrados grandes bentónicos que revelan la contaminación, es un modelo de cambios fisicoquímicos en los cuerpos de agua debido al comportamiento humano (Oñarte, Hernando; Cortéz Henao, Gridis, 2020 p. 40)

Por otro lado, los organismos bentónicos, se ven afectados directamente por cambios en la composición natural de los sistemas hídricos, lo que resulta en una disminución o aumento de su población. La composición cualitativa de los macroinvertebrados bentónicos es un buen indicador de las condiciones ambientales del cuerpo de agua loticos y lenticos (CHAGAS, Flavia B., RUTKOSKI, Camila F., BIENIEK. Gregorio B., et al., 2017).

Respecto al planteamiento del problema se presentada el objetivo general y los objetivos específicos

El objetivo general: Determinar si el empleo de macroinvertebrados acuáticos aportan en la caracterización de la calidad de agua de cuerpos loticos

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Identificar si los índices bióticos seleccionados aportan en la caracterización de la calidad de agua de cuerpo loticos.
- **OE2:** Establecer si los rangos de valores que se usan en la calidad biológica de macroinvertebrados aportan en la caracterización de la calidad de agua de cuerpo loticos.

El problema general: ¿En qué medida el empleo de macroinvertebrados acuáticos será un aporte en la caracterización de la calidad de agua de cuerpo loticos?

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Cuál es la relación entre el tipo de índice biótico que se usarán como base para la caracterización de la calidad de agua del cuerpo lotico?
- **PE2:** ¿Cuál es la relación entre los rangos de valores que se usarán en la calidad biológica de macroinvertebrados acuáticos con la caracterización de la calidad de agua de cuerpo loticos?

El empleo de invertebrados mayores bentónico como indicadores biológicos de la calidad de agua tienen sus ventajas. Uno de ellos es que representa el bajo costo respecto a los análisis de caracterización físico – química del agua, el segundo punto de importancia es que este método puede inferir que la calidad del agua ha cambiado durante el proceso. Comparando con los datos fisicoquímicos obtenidos en un tiempo determinado, se demora más porque estos métodos de análisis solo son aplicables en el cumplimiento de las obligaciones administrativas, respecto al cuidado del agua, dando una lectura de ese momento sin necesidad de explicar lo que le para al cuerpo desde una perspectiva ecológica. (JARAMILLO A, Gleyman 2021).

La revisión sistemática de los diferentes artículos científicos, revistas científicas, tesis, trabajos de investigación y otros documentos contribuyen al conocimiento e interpretación del estado de los ecosistemas acuáticos con el fin de implementar una adecuada gestión de los ecosistemas y los recursos hídricos. Entender la relación entre el entorno ecosistémicos de agua dulce y los macroinvertebrados acuáticos, permitirá, dar lectura del estado de calidad de los diferentes tipos de cuerpo de agua dulce. El análisis de la revisión sistemática aporta plenamente al conocimiento, diagnóstico y gestión del ecosistema acuático (JARAMILLO A, Gleyman 2021).

II. MARCO TEÓRICO

En el Perú se han realizado diversos estudios en diferentes regiones respecto al uso de organismos acuáticos como bioindicadores de la propiedad del agua en cuerpos loticos.

Flores y Huamantico (2017, p. 105), Hacen mención a la contaminación en el río Jequetepeque, debido a las actividades mineras que se realizan cerca a dicha cuenca, siendo estas la principal causa de conflictos socioambientales, recomiendan que la vigilancia de los cuerpos de agua de dicha cuenca sea monitoreada con macroinvertebrados bentónicos, para de esta manera se formar alertas tempranas de contaminación y a su vez tomar acciones para la mitigación y conservación del cuerpo hídrico.

Flores y Huamantico (2017, p. 105). Recuerdan que metodológicamente se recopiló una lista de taxones de la región a partir de referencias históricas. Esto sirvió de base para el desarrollo de directrices para el monitoreo ambiental por macroinvertebrados, mediante la elaboración de una Guía. esta Guía de Vigilancia Ambiental. Dicha Guía ha sido validada en el río San Pablo, Distrito San Pablo, Cajamarca. Comparando los resultados de la evaluación de pobladores de la ciudad involucrada en el proyecto versus la evaluación científica. Ambas calificaciones dieron el mismo número de familias y órdenes (11 y 14 respectivamente); de igual manera puntuaciones de propiedad del agua similares respectivamente: “Buena” y “Aceptable” para las calificaciones ABI y BMWP/Col. La clase de organismo más cómodas para que las persona identifiquen son aquellas que tienen un buen tamaño a simple vista, como las de la familia de *Leptophlebiidae*, respecto a la abundancia, la familia de *Chironomidae* y con características específica la de la familia *Elmedae* en términos de abundancia, con aplicaciones y metodologías contrastadas. Concluyeron que se puede utilizar la metodología aplicada y validada para efectuar el monitoreo ambiental de la calidad del agua del área minera.

Custodio y Chaname (2016, p. 33), afirmaron que el objetivo de estudio era la de estudiar el cambio de una agrupación en un ecosistema, como los grandes invertebrados en parte de la cuenca del Cunas, mediante parámetros empleados

para la evaluación del estado ambiental, en cuyos resultados de los indicadores físico-químicos y bacteriológicos obtenidos en la investigación, se han identificado cuatro phylum, siete clases, doce órdenes y 26 familias de grandes invertebrados, y las emisiones de las ocupaciones agrícolas y urbanas tienen importantes impactos antropogénicos en la biodiversidad de estos organismos acuáticos. en el cuerpo de agua. Concluyendo que esta presión antrópica causa desequilibrio en el cuerpo de agua.

Custodio y Chaname (2016, p. 36), encontraron que la estructura de la asociación de macroinvertebrados del río Cunas utilizando el método del porcentaje de similitud (SIMPER), contribuyó en gran medida a los hallazgos. el mayor porcentaje de contribución lo representa: el taxón del Orden Diptera (46.05%) y Ephemeroptera (37.87%), represento el 83.92%, del total de los taxones. Durante la época de lluvias a nivel familiar, la mayor proporción los constituyeron los organismos de Chironomidae (47.65%), Leptophlebiidae (19.89%) y Simuliidae (16.17%), representando el 83.71% en general. Del total de la familias encontradas y registradas en el río San Blas, estas resultaron ser óptimas para el orden Ephemeroptera, el cual revela que dicha orden no tolera la contaminación de sus aguas prefiriendo vivir en lugares con buena oxigenación.

Pascual G. *et al.* (2009-2019, p. 1421), señalan que el propósito de estudio fue la del empleo de macroinvertebrados bentónico (MIB) sumado a los ensayos toxicológicos con el fin de valorar la característica del cuerpo de agua y los sedimentos de cuenca del Rímac, durante épocas de crecida y bajas. Los puntos de muestreo se constituyeron para referenciar fuentes de parámetros físicoquímicos, MIB, y toxicidad del agua y sedimentos, registrados por organismos como *Daphnia magna* y *Chironomus calligraphus*. Los resultados mostraron que la temporada de inundaciones registro valores de pH más altos que la temporada seca, registrando valores más altos de conductividad, sólidos totales, oxígeno y transparencia. Cabe señalar que en las especies Planorbidae, Baetidae, Chironomidae, Empididae y Tipulidae, existe una diferencia de valores entre la temporada de inundación y la temporada de aguas bajas. Casualmente en temporadas de agua bajas es cuando los indicadores de dominancia y abundancia son altos.

Pascual G. et al (2019, p 1437), encontraron que las evaluaciones en esta sección estaban contaminadas, en donde se presentaron diferencia de abundancia entre una época y otra de muestreo, cuyas variaciones se dieron para *Planorbidae*, *Empididae*, *Chironomidae*, *Baetidae*, y *Tipulidae*. Cuyos valores de dominancia y abundancia fueron superiores en época de estiaje. La diferencia entre los tiempos de estos organismos se debe a que hay tres grupos en época de caudales altos; el primer grupo responde en respuesta a los pasivos mineros, el segundo a los impactos internos y agricultura y un tercer grupo para responder a los impactos del sector industrial, sector agrícola y doméstico. Así mismo, la calidad de agua está determinada por indicadores bióticos, EPT (75%, mala) y el ABI (pésimo –mala: 16.67-33.33%), lo reduce la calidad ambiental del río Rímac, se reduce por muchos factores de la actividad antrópica.

Miñano, Olaya y Huamantico (2019, p. 411), indican que las etapas inmaduras de insectos del orden Ephemeropteras juegan un papel ecológico importante en los ecosistemas acuáticos. Además, señalan que solo ciertas áreas de cuerpo de agua aun no son muy estudiadas como los ríos de las áreas tropicales. Asimismo, en el Perú se han registrado 64 especies de 35 géneros y 08 familias. De manera similar, este estudio proporciona una clave taxonómica para identificar ninfas de la orden Ephemeropteras que corresponde a las laderas sureste de los Andes en Perú.

Velásquez (2018, p.19), menciona que los macroinvertebrados tienen ciertas características que favorecen el trabajo de caracterización de las aguas, entre ellas destacan las siguientes:

- 1) El carácter sedentario permite el análisis espacial de los efectos de las alteraciones ambientales.
- 2) El periodo de crecimiento del ciclo de vida puede cambiar con el tiempo, permitiendo que los efectos de la contaminación se integran en la comunidad. Población a corto y largo plazo.
- 3) Son enlaces para combinar la energía contenida en capas de sedimentarias que tienden a acumular sustancias tóxicas y combinarlas en diferentes niveles tróficos.

- 4) Tienen a una sensibilidad a altos niveles de contaminación de agua y sedimentos generados por las actividades industriales y mineras. [...]

Además, en ambientes lenticos las asociaciones que viven en el hábitat presentan influencias relacionadas con la calidad del agua y su período ecosistémicos, y se han considerado los más adecuados para determinar el estado ecológico. además de la presión hidrológica.

Velásquez (2018, p. 21), Señala que el índice más empleados y adaptado en naciones Latinoamericanas es el Biological Monitoring Working Party (BMWP) que se fundamenta en la presencia de familias y sus rangos de tolerancia asignadas, y no tiene que ver con el género o el número de individuos colectados de cada familia. El Family Biotic Index (FBI), es el otro índice más usado, desarrollado por Hilsenhof (1988), basado en la abundancia de cada familia, la diferencia entre el FBI y el BMWP, es el primer número ponderado de individuos recolectado, multiplicado por tolerancia del taxón y dividido por el número total de individuos recolectados. Además, el mismo autor señalo que el Biological Monitoring Water Party (BMWP) y el Andean Biological Index (ABI) de Colombia están adaptados a regiones cálidas y/o templada.

Castillo, Rodríguez y Vidal (2021 p. 91), refieren al estudio realizadas en las lagunas alto andinas del Toro y los Ángeles del distrito de Quirovilca, La libertad – Perú, a fin de establecer el atributo del agua en las lagunas de andinas, haciendo uso de organismos acuáticos, usados como indicadores biológicos y mediante aplicación de índices bióticos BMWP e IBA, en cuyos resultados encontraron familias de *Corixidae* y *Districidae* con mayor frecuencia. En ambas lagunas, usando los índices Biological Monitoring Water Party (BMWP) e Andean Biological Index (IBA), encontrándose que estado de salud del cuerpo de agua lenticos “el Toro” se encontró contaminada moderadamente hasta muy contaminada, a comparación a la laguna Los Ángeles que estaba entre ligeramente contaminada hasta moderadamente contaminada, concluyendo que la calidad de agua de ambos cuerpo loticos, usando los índices bióticos BMWP y ABI son similares, siendo aguas muy contaminadas y de mala calidad en temporada seca y moderadamente contaminada a regular en temporada de lluvias.

Morales, Negro y Lizana (2017, p. 22). Señalan que se han estudiado un grupo taxonómico de macroinvertebrados bentónicos en ríos de España con intensidad desigual. Algunos grupos, como insectos y crustáceos, están incluidos en la mayoría de los estudios taxonómicos y de filogenia.

Trama, Florencia. et al (2020, p. 149), Publicaron un estudio que caracteriza la asociación entre el ambiente de la ribera y los organismos bentónicos en varias cuencas hidrográficas (7) en la parte occidental del Parque Nacional de Yanachaga Chemillen (PNYCh), en la investigación se aplicó el formato de la metodología, Ecological Quality of Andean Rivers (CERA), este procedimiento aplico en su interior, el Andean Biotic Index Andino (IBA), River Hábitat Índice (IHF), y el Índice de quebrada Andina (Qbr-And). Entre estos tres índices, se identificó el indicador del estado Ecológico del río Andino (ECOTRIAND). Para determinar la calidad de agua, utilizaron los índices FBI y BMWP-Col. Luego, se tomaron muestras en siete micro cuencas fluviales de entre 1800 a 2500 mnsn [río San Alberto, Quillazú, San Luis, Yanachaga, Navarra, San Daniel y Llamaquizu; (Trama, Florencia et al, 2020, p.151)]; en la parte superior, media y baja de la zona de amortiguamiento del área de estudio de evaluación, se colectaron 179 taxones del PNYCh, 66 familias y 14 órdenes, con los mejores valores IHF y Qbr-And. A medida que disminuye la calidad del movimiento. conforme se alejaban del PNYCh. El IBA de todas las cuencas hidrográficas y puntos de muestreos es muy bueno, pero cuando se combina los tres índices, la condición ecológica (ECOSTRIAND) varia de muy buena a buena y regular, el resultado final muestra que el índice de condición ecológica aumenta con la distancia al PNYCh. Lo cual es consistente con la mayor turbulencia de los bosques ribereños.

Pio, Santiago y Copatti (2020, p. 01), señalan que el objeto de la investigación presentado fue estudiar la composición y diversidad de macroinvertebrados bentónicos durante las estaciones seca y lluviosa de un arroyo del Cerrado en Brasil, experimentando que la estación seca es diversa y la composición de la biota cambia en las épocas de lluvias. La cosecha se realizó en la época seca (mayo y agosto de 2016 y agosto de 2017) y la época de lluvia (mes de noviembre de 2016 y febrero y noviembre 2017). Se identificaron individuos a nivel familiar y se clasificaron en el Grupo de Alimentos Funcionales (GFA). Se

identificaron 3776 individuos, dentro del cual el taxón Chironomidae fue el más abundante con 2226 organismos. Los GFA con mayor población y riqueza son recolectores-recolectores y carnívoros respectivamente. Además, los autores señalan que la abundancia específica en época de estiaje es mayor que en la estación de venida de aguas. Los mismos autores explican en artículo que los macroinvertebrados de agua dulce, tienen una significativa conducta, adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de comportamiento y que las poblaciones de hábitat brindan condiciones favorables para su existencia. de esta manera el conocimiento de su taxonomía y ecología de estos organismos empleados en el biomonitoreo, permitirá estimar la respuesta de los invertebrados a las variables ambientales (referencia tomado de Kukichi & Uieda, 2005). Pio, Santiago y Copatti (2020, p. 01),.

Oñate y Cortéz, (2020 p. 41) explica que a lo largo de los años se ha practicado varios métodos biológicos para evaluar la calidad del agua. Usados como frecuencia en Estados Unidos y Europa. Para la implementar este enfoque en los países de clima cálido, es necesario ilustrarse de los tipos de organismos que viven allí según sus necesidades, así como la distribución geográfica del ecosistema, debido a este argumento desde el año 1980, se usa el índice BMWP/Col, las familias encontradas en el ecosistema acuático de la región de Antioquia se presenta la tabla 1 asignándole una puntuación del 1-10, de la misma forma se muestra el métodos con una asignación de clases , identificando la calidad de agua y su significado por medio de colores (tabla 2)..

Tabla 1: Puntuación de las familias de macroinvertebrados para obtener BMWP/Col

Familia	Puntuación
<i>Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gripopterygidae, Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae, Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae.</i>	10
<i>Coryphoridae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gomphidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae, Platysticidae, Xiphocentronidae.</i>	9
<i>Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, helicopsychidae, Hydraenidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Limnephilidae, Lymnaeidae, Naucoridae, palaemonidae, Planorbidae (cuando es dominante Biomphalaria), Pseudothelphusidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeridae.</i>	8
<i>Ancylidae, Baetiidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Dicteriidae, Dixidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Lestidae, Pyralidae, Simuliidae, veliidae.</i>	7
<i>Aeshnidae, Ampullaridae, Caenidae, Corydalidae, Dryoppidae, Dugesiidae, Elmidae, Hyriidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae.</i>	6
<i>Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae, Glossiphoniidae, Gyrinidae, Libellulidae, Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae, Tabanidae, Thiariade.</i>	5
<i>Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephydriidae, Haliplidae, Hydridae, Muscidae, Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae, Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae.</i>	4
<i>Chaoboridae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae (larvas), Physidae, Stratiomyidae, Tipulidae.</i>	3
<i>Chironomidae (cuando no es la familia dominante, si domina es 1), Culicidae, Psychodidae, Syrphidae.</i>	2
<i>Tubificidae</i>	1

Fuente: (referencia tomada de *Árango et al, 2008, p. 127, modificada de Roldan, 2003 por Álvarez, 2006, citado por Ramírez, Santiago Ayala et al 2019.*)

Tabla 2: Método BMWP/col.

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>100	Aguas muy limpias a limpias	Blue
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Green
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Yellow
IV	Critica	13-35	Aguas muy contaminadas	Orange
V	Muy Critica	<16	Aguas fuertemente contaminadas	Red

Fuente: (Oñate, y Cortéz, 2020 p. 41)

Cabe destacar que los mismos autores interpretan y presentan una lista de indicadores de grandes invertebrados de caracterización de las aguas limpia y oxigenada; no solo agua fría y limpia. Los *ephemeróteros* y *plecópteros* son buenos indicadores de estas condiciones del cuerpo hídrico. Mencionan que los *trichopteros* de la familia *Hydropsychidae*, es un buen indicador de agua limpia, porque tienden a vivir en aguas con alto contenido de oxígeno disuelto (Oñate y Cortéz, (2020 p. 44).

Núñez y Fragoso-Castilla (2020, p.207), destacan que el objetivo del estudio, fue evaluar la calidad del agua en el curso medio del Rio Guatapuri (Colombia), a través de un estudio de invertebrados acuáticos mayores. En este estudio, se determinó el índice de calidad del agua, BMWP/Col y ASPT y los índices de diversidad alfa. Se recaudaron un total de 1640 organismos, agrupados en 5 clases, 12 ordenes, y 34 familias, el cual tuvo una estructura de clasificación muy diverso, en la clase Insecta, fue la clase predominante. También concluyeron que el orden de los Hemípteros era variado y abundante, y que no hay diferencia en la riqueza ni en la abundancia a nivel espacial, concluyendo que los índices BMWP/Col y ASTP reflejan buenas condiciones. una situación buena calidad, indicando aguas limpias y que la cueca del Rio Guatapuri se encontró en una buena situación ecológica, después de la evaluación y comparación de indicadores univariados y multivariados.

Según Ramos, et al (2018, p. 30). Describen que los macroinvertebrados son organismos acuáticos, visibles a la vista del ojo, conformados por insectos, crustáceos, moluscos entre otros organismos bentónicos, cuya alimentación basada en materia orgánica y/o plancton dependiendo del estado de vida, dichos alimentos obtenidos en la columna de agua y/o vegetación, estos macroinvertebrados forman parte de la alimentación de otros organismos como los peces, anfibios y aves acuáticas. El autor también menciona que dichos organismos son los más usados en biomonitoreo de calidad de aguas continentales, debido a su que son fácil de reconocer, coleccionar, debido a que tienen una vida relativamente larga. Por otro lado, el método tiene un bajo costo y proporciona información valiosa respecto a la calidad de agua. Laini, (2018, p. 47), menciona que los macroinvertebrados constituyen el bioindicador más usado en los sistemas fluviales debido que han expuesto la utilidad para manifestar los efectos de la contaminación orgánica.

El mismo autor señala que los indicadores biológicos son parámetros biológicos que pueden ser especies o comunidades biológicas con características morfológicas distintas una de otras, la existencia, distribución espacial y abundancia sirven como indicadores de los efectos causado por la actividad natural o antrópica en un ecosistema, distinguiéndolo de sus patrones normales, Ramos, et al (2018, p. 30). En la figura 1. Se muestra los diversos tipos de macroinvertebrados.

Miravet, Sanchez *at al* (2016, p.113). Refiere considerar a un organismo como un bioindicador de la calidad ambiental, si los mismos están invariable en un ecosistema de características determinadas, si sus poblaciones son más grandes o algo similares a las poblaciones de otras asociaciones que comparte el mismo hábitat. Menciona también el autor, que la escala para mostrar la calidad de un ambiente (índice biótico) suelen ser específicos al tipo contaminación y área geográfica basándose en los conceptos de organismos indicador. Actualmente los macroinvertebrados se han convertido en un instrumento biológico fundamental y de fácil acceso para el estudio de caracterización de los ecosistemas fluviales, los cuales son útil en la vigilancia y control de la calidad de las aguas. (Chaux, Jielte *at al*, 2018. p. 131).

Hankel, Emmerich y Molineri (2018, p. 436). Describe que los organismos acuáticos son indicadores valiosos en la evaluación de la calidad ambiental del cuerpo de agua, debido a que son diversos taxonómicamente y ecológicamente, con características de tener períodos de existencia correspondientemente largos y, por ende, los muestreos pueden ser sencillos. De la misma forma en el Perú, considerado como país neotropical, este enfrenta problemas de contaminación de sus cuerpos loticos y lenticos (Tapia et al, 2018, p. 150).

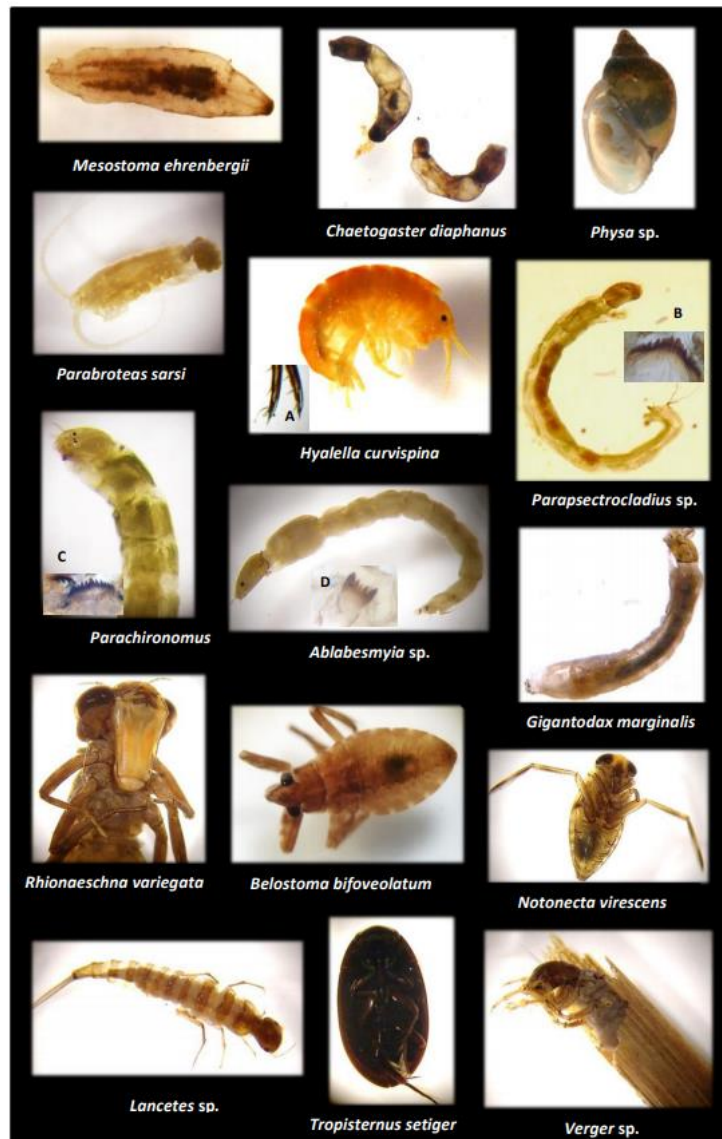


Figura 1: Macroinvertebrados como bioindicadores

Fuente: Macchi (2017, p. 122)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Moreno, et al (2018, p. 184), señala que una revisión sistemática es un resumen estructurado e inequívoco de la información disponible destinado a responder dudas técnicas y científicas específicas. Estos incluyen varios artículos y fuentes de información importante, que significa tener el un alto nivel de evidencia en la jerarquía de la demostración. Además, menciona que la revisión sistemática debe describir la etapa de desarrollo claro y entendible en recopilar, escoger, calcular de manera crítica y reducir toda la evidencia disponible de eficacia.

El autor también señala que el proceso de la revisión sistemática empieza planteando el problema general y estructurada que establecerá los requisitos que se usaran en la indagación de la base de antecedentes y el tipo de artículos útil para responder la pregunta general., figura 2.



Figura 2: Cuadro jerárquico de la evidencia

Fuente: Moreno, et al (2018, p. 184)

Para, Fernández, King y Hernández (2020, p. 89), la revisión sistemática tiene que dar respuesta a una serie de preguntas de la investigación, para que se pueda determinar si la revisión sistemática es o será necesaria para el tema de interés, debe resumir y divulgar los hallazgos de lo encontrado respecto a la investigación, aclarar conceptos claves e informar sobre los tipos de estudios relacionado a la investigación.

De lo descrito, la revisión de investigación sistemática de organismos acuáticos que se usan como indicadores biológicos para entender estado ecológico de los cuerpos de agua lotico en los monitoreo no tradicionales, se describe como una investigación cualitativa de orden narrativa (teórica), teniendo como tipo de diseño, No experimental, ya que expresa y explica de manera textual, mediante hallazgos de investigaciones, los datos y resultados de las investigaciones, que han obtenidos los diferentes autores en describir, al comprobar si el uso de los macroinvertebrados importan como indicadores biológico en la caracterización de un cuerpo hídrico.

3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Esta matriz está basada en las categorías y subcategorías, las cuales, a su vez, contienen y se basan en el objetivo general y específicos, de la misma manera contempla el problema general y específicos, estos puntos están relacionados con criterios de clasificación y comparación de investigaciones de diferentes autores, figurado en la unidad de análisis, tal como se muestra en la **Tabla 3**, de la matriz apriorística.

Tabla 3: Matriz de categorización apriorística

Objetivo General	Objetivos Específicos	Problema General	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Unidad de análisis
Determinar si el empleo de macro invertebrados acuáticos aportan en la caracterización de la calidad de agua de cuerpos loticos	Identificar si los índices bióticos seleccionados aportan en la caracterización de la calidad de agua de cuerpos loticos.	¿En qué medida empleo de macro invertebrados acuáticos será un aporte en la caracterización de la calidad de agua de cuerpos loticos?	¿Cuál es la relación entre el tipo de índice biótico que se usarán como base para la caracterización de la calidad de agua del cuerpo loticos?	Tipo de índices a usar en la caracterización de las agua	<ul style="list-style-type: none"> • BMWP: Biological Monitoring Working Party Score. • IBMWP: España. • BMWP/Col: Puntuación del Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico/Colombia. • IBF: Índice Bióticos de Familia • IBA: Índice Biótico Andino 	Ramírez (2020, p. 150). Oñate y Cortes (2020, p.41). Castillo, Roldan y Geiner (2021, p.93). Jaramillo A, Gleymang, 2021, p.5
	Establecer si los rangos de valores que se usarán en la calidad biológica de macro invertebrados acuáticos aportan en la caracterización de la calidad de agua de cuerpos loticos	¿Cuál es la relación entre los rangos de valores que se usarán en la calidad biológica de macro invertebrados acuáticos con la caracterización de la calidad de agua de cuerpos loticos?	¿Cuál es la relación entre los rangos de valores que se usarán en la calidad biológica de macro invertebrados acuáticos con la caracterización de la calidad de agua de cuerpos loticos?	Cuadro de rangos de valores que de determinen la calidad biológica de las aguas.	Puntaje en escala valores de van de 0 a > 100 dividido en 5 o 6 categorías	Jaramillo A, Gleymang, 2021, p.5 Leaño y Perez, 2020 Jaramillo A, Gleymang, 2021, p.5 Velásquez 2018, p. 19

Fuente: Elaboración propia

3.3 Escenario de estudio

Alan y Cortez, (2018, p.75). Menciona que la investigación cualitativa se le puede considerar como una clase de diseño que posibilita acumular descripciones de toda fuente de investigaciones serias, obtenida de trabajos y publicaciones académicas y experimentales.

El escenario de estudio no es un lugar tangible o un entorno natural materia de estudio o investigación, en todo caso nuestros escenarios de estudio son todas las revisiones bibliográficas y/o fuentes de estudios de otros autores, de tesis doctoral, maestría, artículos científicos de revistas y demás fuentes académicas, respecto a macroinvertebrados hídricos como indicadores biológicos del período ecológico de los cuerpos loticos, teniendo como base antecedentes nacionales e internacionales,

3.4 Participantes

Este trabajo de investigación fue basado en la recopilación de información mediante documentos digitales, provenientes de artículos científicos, tesis doctorales, tesis de maestrías, publicaciones académicas de universidades, de orden nacional e internacional, teniendo como fuentes de consulta las siguientes páginas: Scielo, Scienes Direct, Google Académico, Scopus, las misma que fueron consultadas en la presente investigación de revisión sistemática en el empleo de grandes invertebrados como bioindicadores de la estado de salud de agua, de cuerpos loticos.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Todo estudio conlleva a la recolección de datos importantes para la investigación, de esta forma se puede obtener un paso importante para la obtención de resultado. El llevar correctamente la recolección de datos y escoger una forma de procedimiento de datos es una labor de todo investigador, además se debe tener en cuenta que la recolección de datos se considera como la medida en una

precondición para adquirir el entendimiento científico (Hernández y Ávila 2020, p.51).

Dicha técnica usada en el presente trabajo de investigación, respecto a los Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores del estado ecológico de los cuerpos de agua loticos para monitoreo no tradicionales, fue la de la revisión sistemática cualitativa, mediante la recopilación de bibliografía de artículos científicos, tesis de grado, revistas científicas nacional como internacional usando palabras claves en inglés y español como: “Macroinvertebrados” “Macroinvertebrados”, “bioindicators” “bioindicadores”, “biological index” “Indices biológicos”, todo referente al tema de estudio.

3.6 Procedimientos

En esta etapa de la investigación se describe como se ha obteniendo la información para el desarrollo de la misma, mediante la técnica de revisión sistemática, búsqueda de temas relacionada al estudio de los macroinvertebrados como alternativa de bioindicadores en la calidad de agua de los cuerpos loticos, en esta etapa de búsqueda de información se tomaron en cuenta criterios de inclusión y exclusión, palabras claves, año de publicación, idioma, presentado en la siguiente tabla 4.

Tabla 4: Base de datos empleados y criterios de búsqueda

Tipo de documento	Base de Datos	Documentos referidos	Cantidad	Palabras claves de búsqueda	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos Científicos	SciELO	<p><i>Macro invertebrados acuáticos como bioindicadores</i></p> <p><i>Índices biológicos de la calidad de agua</i></p>	28	<p>"Macro invertebrados"</p> <p>"Índices biológicos"</p> <p>"Bioindicators"</p> <p>"macro invertebrates"</p> <p>"Aquatic"</p> <p>"macro invertebrates"</p> <p>"Biological index"</p> <p>"Bio indicadores"</p> <p>"Etica y Revisión sistematica"</p> <p>"Rigor Cientificos"</p>	<p>Antigüedad de las publicaciones de los últimos 5 años, 2016 - 2021</p>	<p>Documentos y/o artículos que estén por debajo del año 2016</p>
	Science Direct	<p><i>Macro invertebrados acuáticos como bioindicadores</i></p> <p><i>Índices biológicos de la calidad de agua</i></p>	3	<p>"Macro invertebrados"</p> <p>"Índices biológicos"</p> <p>"Bioindicators"</p> <p>"macro invertebrates"</p> <p>"Aquatic"</p> <p>"macro invertebrates"</p> <p>"Biological index"</p> <p>"Bio indicadores"</p>		
	EBSCO	<p><i>Macro invertebrados acuáticos como bioindicadores</i></p> <p><i>Índices biológicos de la calidad de agua</i></p>	11	<p>"Macro invertebrados"</p> <p>"Índices bióticos"</p> <p>"Índices biológicos"</p> <p>"Bioindicators"</p> <p>"macro invertebrates"</p> <p>"Aquatic"</p> <p>"macro invertebrates"</p> <p>"Ecological indicators"</p> <p>"Biological index"</p> <p>"Bio indicadores"</p>		
	Scopus	<i>Macro invertebrados acuáticos</i>	1	"Macro invertebrados"		

		como bioindicadores Índices biológicos de la calidad de agua		“Índices biológicos” “Bioindicators” “macro invertebrates” “Aquatic” “macro invertebrates” “Biological index” “Bio indicadores”		
Boletines técnicos	Google Académico	Macro invertebrados acuáticos	17	Macro invertebrados	Antigüedad de las publicaciones de los últimos 5 años, 2016 - 2021	Documentos y/o artículos que estén por debajo del año 2016
Revistas científicas		Macro invertebrados acuáticos como bio indicadores Bio indicadores Biológicos		“Macro invertebrados” “Índices biológicos” “Bioindicators” “macro invertebrates” “Aquatic” “macro invertebrates” “Biological index” “Bio indicadores”		
Tesis de maestrías		Macro invertebrados acuáticos como bio indicadores		“Macro invertebrados” “índices bióticos” “Índices biológicos”		
Libro en línea		Procesos y fundamentos de la investigación científica. Revisiones sistemática del conocimiento científico		Procesos fundamentos Revisión sistemática		
TOTAL DE ARTICULOS ENCONTRADOS = 60						

3.7 Rigor científico

Para, Moscoso y Díaz (2017, p. 55), el rigor científico es un concepto transversal en el desarrollo de estudios, que permite evaluar la aplicación científica y en profundidad de métodos de investigación y métodos analíticos para la

recolección y procesamiento de datos, esto significa no solo el cumplimiento de las normas y reglas establecidas, sino también la preservación y honestidad del objetivo de la investigación.

Los mismos autores señalan que se deben aplicar cuatro criterios, en el proceso, así como al producto de tal manera se asegure el rigor metodológico en la investigación cualitativa, dichos criterios son:

Dependencia. - consistencia lógica o estabilidad-auditabilidad: significa que los antecedentes deben ser revisados por diferentes investigadores, para llegar a comentarios congruentes [...] para asegurar este criterio, es necesario formular los juicios basados en el pensamiento del investigador, detallar los métodos y razones por el cual el tema fue seleccionado. Asimismo, se tiene en cuenta la reflexividad y el proceso de toma de decisiones aclara los valores y experiencia del investigador.

Credibilidad. – Al referirse al investigador en cierto sentido, si absorbe total y profundamente la experiencia del entrevistado, especialmente las experiencias asociadas a la descripción de la pregunta.

Transmisión o aplicabilidad de resultados. - los resultados deberán aportar a un extenso conocimiento del significado del estudio y a establecer modelos para posteriores investigaciones sobre el caso. (Moscoso y Díaz 2017, p. 55).

Conformación o conformidad. - este punto está estrechamente ligada a la credibilidad, referida a la capacidad de demostrar que han minimizado los sesgos y la tendencia del investigador Moscoso y Díaz 2017, p. 55).

De lo mencionado líneas arriba, cabe resaltar que el mencionado trabajo de investigación (tesis), fue elaborada en base a la revisión sistemática cualitativa, respaldada con información basada en artículos y revistas científicas indexadas, tesis de grado de maestría, de bases de datos confiables tales como portales de: SciELO, Scien Direct, Scopus, Google Académico, EBSCO, publicaciones hechas entre el año 2016 al 2021, relacionados al tema de investigación.

3.8 Método de análisis de información

El trabajo en la investigación de revisión sistemática de información, fue acorde a los objetivos generales, específicos, planteados en el presente trabajo, “Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores del Estado Ecológico de los Cuerpos de Agua” la información recabada fue filtrada después de la consulta general, teniendo como base el tema de “Macroinvertebrados” se encontraron más de diez mil citas bibliográficas, entre artículos científicos, revistas científicas, tesis de grados y libros, consultados de portales web como; SciElo, Scopus, EBSCO, Sciece Direct y Google académico. Debido al número de referencia, se optó en poner palabras claves como: “Bioincadores” “Macroinvertebrados” “Indices” “ABI” “BMWP” “FBI” “macroinvertebrates” “Bioindicators” “biotoxic índices” con inclusiones con el and en el caso de los portales SciElo, Scopus, y otros. De esta manera se describen estudios nacionales e internacionales y las diferentes métodos e índices acerca de los macroinvertebrados como bioindicadores del estado ecológico de la calidad e agua.

3.9 Aspectos éticos

Moscoso y Díaz (2017, p. 53), menciona que la ética establece un aspecto central al momento del inicio y desarrollo de la investigación, por lo que debe existir desde la planificación hasta la finalización y posterior socialización de los resultados.

Salazar y Abrahantes (2018, p. 216), manifiestan que en las investigaciones científicas los aspectos éticos y bioéticos, numerosas veces son tratados someramente, aspectos que comprende algo más que una consideración expresada en el acápite de diseño metodológico. Mencionan que la ética iluminar siempre la acción humana y, por ende, el proceso científico.

Suárez-Ponce et al. (2016, 520), refiere que la Bioética, es un término nuevo, pero a la vez a tan antigua como la propia medicina, haciendo referencia al juramento de Hipócrates, es tan sentido menciona que la bioética se refiere a la moral, al

aspecto legal, estos puntos relacionado al ámbito político y a los problemas sociales.

Hirsch y Navia (2018, p.5), hacen mención a la proposición de Beauchamp y Childress (2001), en el cual proponen cuatro principios en la ética: Beneficencia, No Maleficencia, Autonomía y justicia, distintos del informe Belmont, que integra en solo unos los dos primeros principios.

Los autores también enfatizan el principio de No Maleficencia, la necesidad de evitar los daños y minimizar el riesgo de todos los involucradas en las técnicas de investigación, [...] respecto al principio de Beneficencia, señalan que hay una necesidad de apoyar a los involucrados. Señalando que contribuye a mejorar la condición de las personas, buscar la felicidad y el apoyo entre los participantes de la investigación en el principio de autonomía, tener una conciencia positiva a favor de abogar por la dignidad humana [...] en México es común ver resultados con el propósito de afirmar que debe haber autonomía, brindar datos importantes, consensuar y explicar que necesita estar claramente definidos.

El mencionado trabajo de investigación (tesis) tiene como base asentada, en fuentes bibliográficas confiables, extraídas de portales web de renombre en el ámbito académico y científico, citadas de manera tal que puedan ser ubicadas mediante lo enlaces web, respetando la autoría y autenticidad de los trabajos, el trabajo de investigación fue ceñido a la resolución N° 011-2020-VI-UCV, mencionando la Resolución del Consejo Directivo N° 174-2019-SUNEDU/CD, que modifica el Reglamento Nacional de Trabajos de Investigación y Tesis para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales; y Resolución Rectoral N° 0089-2019/UCV, el cual aprobó una Guía metodológica para ser tomada como referencia en la elaboración del trabajo de investigación. Del mismo modo se tomó como referencia la cuestión de forma el manual ISO 690-690-2 del fondo editorial UCV.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos recopilados fueron obtenidos de web de revistas científicas, como Scopus, SciElo, Science Direct, Google académico, EBSCO, de artículos científicos, tesis de post grado, revistas científicas indexadas, haciendo un total de sesenta (60) documentos tomados en cuenta para el presente trabajo de investigación.

De los resultados en la investigación de revisión sistemática cualitativa, se menciona que a lo largo de los años se ha estado buscando alternativas de monitoreo de los estados ecológicos de los cuerpos de agua (loticos y lenticos) al monitoreo convencional (análisis físico químicos y bacteriológicos), los cuales son muy costoso y muchas veces no tan eficaz al momento de hacer una lectura de la salud del cuerpo de agua, para este tipo de análisis se ha buscado alternativas más accesibles y fácil de replicar, en cualquier cuerpo de agua. El empleo o uso de macroinvertebrados bentónicos son esa alternativa de ser replicada, mediante el uso de índices o indicadores, en tal sentido, Roldan-Pérez (2016, p. 254) señala que los índices son un modo numérico biológico que genera información y criterios para la evaluación de la contaminación, basados en la integridad ecológica. El mismo autor también señala que el empleo de estos invertebrados acuáticos como bioindicadores del estado ecológico del cuerpo hídrico (loticos y lenticos), se han estado haciendo realizando desde mediados del siglo XIX y es explicado en la siguiente tabla 5:

Tabla 5: Historia de los primeros estudios en el uso de macroinvertebrados en el mundo.

Año	Investigador	Tipo de estudio	País
1848 y 1853	Kolenati y Cohn	Relación de especies acuáticas y el grado de contaminación del agua.	Checo-Alemania
1908 y 1909	Kolkowitz & Marsson	Propuesta del sistema saprobio para Alemania	Alemania
1949, 1950	Patrick	Aplico técnicas biológicas para la evaluación del estado ecológico de los ríos en América del Norte	Estados Unidos
1952	Gaufin Tarzwell y	Plantearon a los grandes invertebrados como bioindicadores de la contaminación.	Estados Unidos
1962	Sládecek	Sistema limnosaprobio	Checoslovaquia
1959, 1963	Hynes	Propusieron invertebrados grandes como como indicador de la calidad del agua.	Estados Unidos
1995	Resh <i>et al</i>	Un método rápido de evaluación de la calidad del agua que utiliza grandes invertebrados como bioindicadores desarrollado en Maryland.	Estados Unidos
1996	Trihadiningrum <i>et al.</i>	Utilizaron invertebrados como indicador de la calidad del agua en Indonesia	Indonesia
1996 - 1998	Alba - Tercedor	Usaron el índice BMWP, para aplicar el uso de invertebrados acuáticos en el programa español de evaluación de la calidad de la calidad del agua	España
1997	Lorenz, <i>et al</i>	Desarrollo de un sistema de indicadores biológicos para el Rin.	Alemania
2006	Birk & Herring	Compararon directamente los métodos de evaluación que utilizan macroinvertebrados como indicadores biológicos.	Estados Unidos

Fuente: Elaboración propia, referencia tomada de Roldán-Pérez (2016, p. 255)

Leiva, G. (2018, p.2), hace mención que los estudios de batimetría respecto a las comunidades bentónicas en lagos del norte de América, han establecido que la presencia y biomasa de comunidades han sido influenciadas por la concentración de oxígeno principalmente, además de la calidad y cantidad de alimento, así como la temperatura del agua, lo que indica que los organismos necesitan ciertas condiciones para su soporte de vida.

Los indicadores biológicos conforman un grupo importante de especies animal, hongos o vegetal, y su presencia o condición en un ecosistema en particular puede atribuirse al medio ambiente por ciertas características o actividades ecológicas de esta especie, brindando información sobre ciertos impactos. Se utilizan principalmente para evaluar la calidad ambiental de los ecosistemas. Todos los bioindicadores deben cumplir una serie de requisitos para poder utilizarlos: como dispersión y abundancia de territorios, estilos de vida sedentarios y resistencia a

concentraciones de contaminantes ambientales similares a los ecosistemas contaminados sin causar la muerte (Leyte-Vidal, 2019, p. 294).

Al respecto, en el afán de tener métodos y/o alternativas de evaluar o monitorear la calidad de agua de cuerpos loticos, se deben de tener ciertos conceptos que debe tomar en cuenta, descrito en las siguientes figuras (Figuras. 3, 4 y 5):

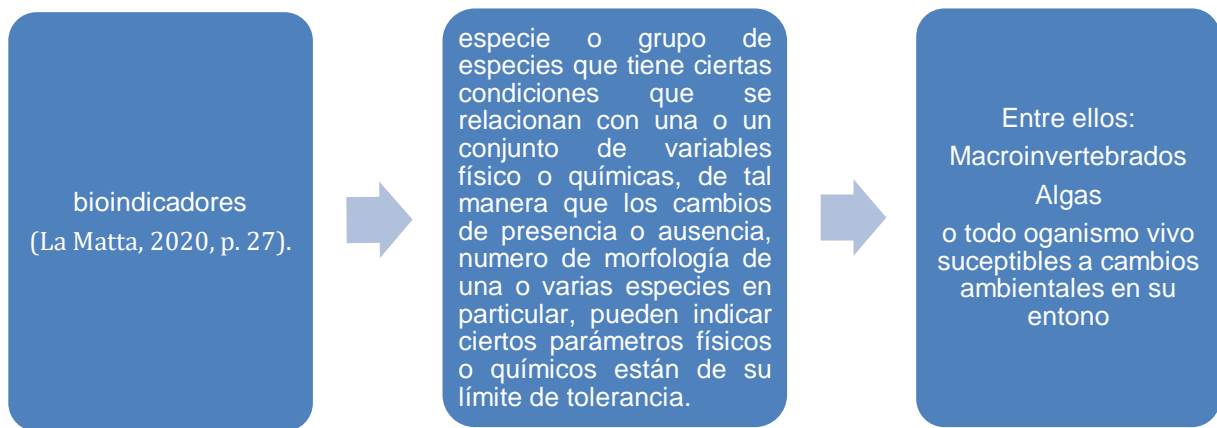


Figura 3: Tipo de Bioindicadores

Fuente: Elaboración Propia (referencia tomada de La Matta, 2020, p. 27)

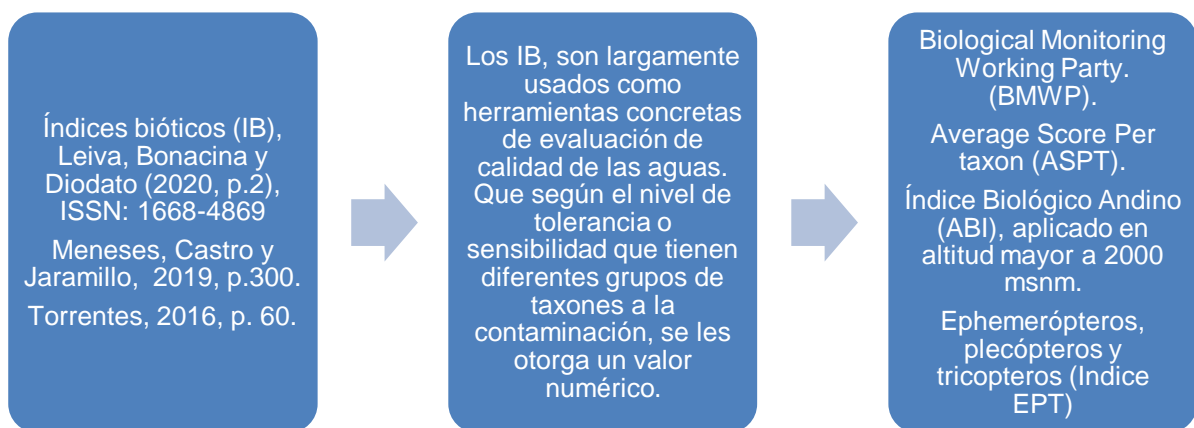


Figura 4: Tipo de Índices Bióticos Empleados

Fuente: Elaboración Propia (Referencia tomada de Leiva, Bonacina y Diodato (2020, p.2), ISSN: 1668-4869 Meneses, Castro y Jaramillo, 2019, p.300)

En la figura 5 se muestra como concepto la importancia de un índice ecológico, mientras este índice, estima la diversidad de especies y evalúa la resistencia de un ecosistema al cambio, el índice biótico evalúa la calidad de agua, mediante los macroinvertebrados (presencia-ausencia),



Figura 5: Tipo de Índices Ecológicos

Fuente: Elaboración Propia (Referencia tomada Hernandez, et al. 2018, p. 6999)

El presente trabajo conlleva a que se revisara un número indeterminado de bibliografías los cuales de alguna manera estaban relacionado con el tema materia de la investigación, del análisis se presenta un resumen de toda la bibliografía consultada que está relacionada con el tema de trabajo de investigación, donde se indican los índices más comunes, que se usaron a nivel local, regional y de otros continentes en el estudio y/o caracterización de la calidad de agua por medio de los macroinvertebrados, usados como alternativa y/o complemento a los monitoreos tradicionales, dicho resumen se presenta en un cuadro de resumen, ver anexo 1.

Tomando como referencia de la investigación de Roldan (2016), se hace un pequeño resumen de los métodos aplicados respecto el uso de macroinvertebrados como bioindicadores en la evaluación de las aguas de los cuerpos loticos, dicha muestreos basados en identificación de especies, familias y ordenes en algunos casos. Según Gutierrez y Ramirez (2016, p 435) El BMWP es un índice muy usado en la evaluación de cuerpo de agua, fundado en la presencia – ausencia de conjuntos de taxones e independiente al número de individuos recolectados, los organismos se identifican a nivel familias a excepción de algunos grupos, (Annelida, Hydrachinidia, Platyhelminthes), para los cuales la clasificación está poco desarrollada y no es posible identificar familias, en consecuencia, los taxones sensibles a la contaminación reciben el máximo puntaje por el contrario, los taxones tolerantes a la contaminación reciben puntuaciones bajas (ver anexo 2).

En los cuerpos de agua dulce de la mayoría de ríos, presentan ecosistemas amenazados, por diversas actividades antrópicas, conllevando a la pérdida de su hábitat y desaparición de las especies que ahí habitan. En tal sentido se necesitan mecanismo de monitoreo del estado ecológico de su ecosistema, mediante índices bióticos fácil de emplear, replicar y de bajo costo, Eriksen et al (2021 p. 2). En tal sentido hay que tener en cuenta que los macroinvertebrados cobran una relevancia importante debido a su abundancia y diversidad en los ecosistemas acuáticos, por ser sedentarios y sensibles a perturbaciones antrópicas, posibles de muestrear debido a que son buenos indicadores de las condiciones de los cuerpos loticos. Moya, Santander y Fernández, (2019, p. 13).

En tal sentido se identificaron modelos y definición índice bióticos más usados para la evaluación, así como en estudios de la calidad de agua de cuerpos loticos, influenciadas por actividades antrópicas en general. Los conceptos fueron extraídos de los autores tal cual para que no pierda el significado real de la interpretación de lo que son los índices que a continuación se presentan:

Indice, Biological Monitoring Working Party (BMWP). Ramírez, et al (2019, p. 51). Menciona que este método [...] “se desarrolló en los años setenta en Inglaterra, basándose en la presencia de grupos taxonómicos, a nivel de familia, sensibles o tolerantes a la contaminación del agua, independiente al número de individuos recolectados. Señala que cada grupo taxonómico recibe un puntaje, que va desde 1 hasta 10, en función de su grado de sensibilidad a la contaminación. Las puntuaciones altas significan alta sensibilidad a perturbaciones en la calidad del agua, y las bajas significan baja sensibilidad. La suma del puntaje de cada familia da como resultado el valor del índice que tiene un significado de calidad.

El Family Biotic Index (IBF). Ramírez, et al (2019, p.51). Menciona que este índice *“fue desarrollado por Hilsenhoff, en 1988, semejante al BMWP, proporcionando un puntaje a los grupos taxonómicos de acuerdo a su tolerancia o sensibilidad a la contaminación en una escala que va de 0 a 10, con la diferencia de que pondera el valor de la tolerancia, ya que la cantidad de individuos recolectados se multiplica por el valor de tolerancia del taxón y se divide entre el total de individuos recolectados”*.

Por otro lado, Jaramillo (2021, p. 7), describe que el **IBF** puede clasificar los ríos desde clase I, excelente, hasta clase IV, muy malo. Además, menciona que el IBF es sensible a la contaminación y al número de morfo especies (taxa) que contiene cada familia.

$$IBF = \frac{1}{N} \sum n_i t_i$$

Fuente: Jaramillo 2021, p.7

“Dónde: *ni* es el número de individuos presentes de una familia, *ti* es el valor o puntaje de tolerancia a la contaminación orgánica de cada familia, *N* es el total de individuos en la muestra”. El mismo autor detalla que autores como Figueroa et al (2007), en Pimentel Jara (2014), señalan que el valor del **IBF** se obtiene de la sumatoria de (*ni*) multiplicado por (*ti*), que luego es dividido entre (*N*). luego se tiene como resultado final, la siguiente clasificación. Se presenta en la tabla 6, los rangos y colores usado para la identificación de la calidad de agua.

Tabla 6: Clasificación de la calidad agua según el IBF.

Rangos	Calidad del Agua	Color de identificación
0 – 3,75	Muy bueno, no perturbado	Blue
3,76 – 4,63	Bueno, moderadamente perturbado	Green
4,64 – 6,12	Regular, perturbado	Yellow
6,13 – 7,25	Malo, muy perturbado	Orange
7,26 - 10	Muy malo, fuertemente perturbado	Red

Fuente: citado por Jaramillo (2021, p.7) tomada de Figueroa et al. (2007), en Pimentel Jara (2014)

Indice Average Score Per Taxon (ASPT). Ramírez, et al (2019, p. 51). Señala que [...] “ASTP es un índice valioso para evaluar la calidad del agua, especialmente en el caso de alta diversidad. Se obtiene dividiendo del valor del índice BMWP/Col por el número de taxones que contribuyen a obtenerlo. Esto expresa el promedio de los indicadores de calidad del agua que las familias de macroinvertebrados encontraron en una buena ubicación determinada, lo que hace que este índice sea

complementario al BMWP y propone una medida más realista de la condición de cada sitio. Según Chesters la ventaja del ASTP sobre el BMWP es que es independiente del esfuerzo de muestreo, de la estacionalidad y la eficiencia de la identificación”.

En la siguiente tabla 7, se presenta la clasificación de las aguas en valores numéricos, así como los colores que la caracterizan, referencia citada por Ramírez y Santiago Ayala et al 2019.

Tabla 7: Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP/Col y ASTP.

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Valor del ASTP	Significado	Color
I	Buena	>150	>9-10	Aguas muy limpias	Azul
		101-120	>8-9	Agua no contaminada	
II	Aceptable	61-100	>6.5-8	Ligeramente contaminadas, se evidencian efectos de contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	>4.5-6.5	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	>3-4.5	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	< 15	1-3	Aguas fuertemente contaminadas, situación critica	Rojo

Fuente: (referencia tomada de Árrango et al, 2008, p. 127, modificada de Roldan, 2003 por Álvarez, 2006, citado por Ramírez, Santiago Ayala et al 2019.)

El índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera). Para este índice, Ramírez, et al (2019, p.51). Hace mención al número de ejemplares de estos ordenes presente en la muestra. Esto se calculó dividiendo el número de individuos de lar ordenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera por el número total de individuos recolectados. La mayoría de estos tres órdenes son sensibles a la contaminación, por lo que valores más altos dan como resultado agua más limpia, más oxígeno y mejor calidad de agua. Los tres órdenes incluyen miembros de larvas que respiración branquial y que solo pueden sobrevivir en agua con alto contenido de oxígeno y poca materia orgánica.

$$EPT = \frac{EPT \text{ TOTAL}}{Abundancia \text{ total}} \times 100$$



Fuente: Jaramillo 2021, p.8

Jaramillo (2021, p. 8), hace referencia de Endara (2012) en Pimentel Jara (2014), donde especifica la metodología que sigue el índice EPT:

- a: Se establece tres columnas, en la primera se coloca el total de organismo clasificados, en la segunda se coloca abundancia de estos y en la tercera la abundancia de los EPT.
- b. se divide el total de individuos pertenecientes a los órdenes EPT entre el total de individuos de la zona evaluada y multiplicar el resultado por cien (100), para culminar se compara el resultado porcentual con la siguiente clasificación de calidad presentada.

Los rangos indicados en porcentajes con sus respectivas clasificaciones y colores, son plasmados en la tabla 8, que a continuación se presenta.

Tabla 8: Clasificación de la Calidad del Agua según el EPT.






Rangos	Calidad de agua	Color de identificación
75% - 100 %	Muy Buena	
50 % - 74 %	Buena	
25 % - 49 %	Regular	
0 % - 24 %	Mala	

Fuente: Elaboración Propia, tomada de Jaramillo 2021, p.8, Tomado de Endara (2012) y Carrera y Fierro (2001) en Pimentel Jara (2014).

Jiménez, et al (2021, p.312), Explica el uso **del Índice Biótico Andino – ABI, (Andean Biotic Index)**, menciona que este índice es equivalente al Biological Monitoring Working Party, el cual adaptado para la región andina (ecuador), el índice se realiza mediante la asignación de valores de 1 al 10 a cada familia registrada. Donde los valores más cercanos a 1 son asociados a organismo más tolerantes a cambios en la calidad de agua, mientras que valores cercanos a 10 representan organismo más sensible a las perturbaciones en la calidad de agua. Los autores acotan que se suma las puntuaciones asignadas a cada una de las familias encontradas en las muestras de

macroinvertebrados y se citan en una lista elaborada al respecto, en donde la mayor o menor puntuación asignada a una familia están en función de su mayor o menor sensibilidad a la contaminación orgánica y al déficit de oxígeno. Así, sumatoria con altos valores representan mayor presencia de familias sensibles a la contaminación que se traduce en una mejor calidad de agua, representado en la tabla 9.

Tabla 9: Clases de estado ecológico según el IBA

Rangos	Estados ecológicos	Color de identificación
>74	Muy Bueno	
45-74	Bueno	
27-44	Moderado	
<27	Malo	
<11	Pésimo	

Fuente: citado por Jaramillo (2021, p.8) tomada de Acosta et al (2009)

Según Oñate y Cortez (2020, p. 147), señalan que el método Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col), significa una herramienta de gran utilidad como bioindicadores de la calidad de cuerpos de agua loticos, en especial para organismos adaptados a ecosistemas de regiones andinas como la que tiene Colombia, sus regiones y otros países. Entre los métodos usados y como alternativa para la evaluación de la calidad de un cuerpo de agua, está el monitoreo biológico usando a los macroinvertebrados como bioindicadores, debido a su sensibilidad, fácil reconocimiento e interpretación (Liñero Arana, et al. 2016, p.69). dentro de los indicadores biológicos, el orden *Nueroptera* son un grupo de grandes carnívoros que viven en aguas claras de buen tener de oxigeno que viven de bajo de piedras, rocas, vegetación sumergida [...]. El orden Coleóptera es uno de los más extensos y complejos, y el estudio de los escarabajos acuáticos es aún insuficiente. Algunas familias de este orden, presentan especímenes en ambientes loticos como lenticos, del cual dentro de hay familias que sin buenos indicadores de la calidad de agua y otras que son más tolerantes (Valbuena, Gualtero, 2021, p. 21).

Cárdenas et al. (2018, p.595) señala en sus resultados de la investigación. Que no se observó relación alguna entre el Índice Biótico de Familias (IBF) con los índices de diversidad de macroinvertebrados. El mismo autor señala que la diversidad de estos organismos bentónicos, no están directamente relacionada con la calidad de agua, y que un pequeño número de especies menos tolerantes consiguen ser un indicador de la atributo del agua. Por el contrario, la alta diversidad con tolerancia moderada y alta, podría ser un indicador de agua insalubre. En este sentido menciona que el índice de biodiversidades es condicional. Esto se debe a que solo consideran la riqueza y abundancia y no el nivel de tolerancia o la sensibilidad a la contaminación.

Del estudio de Caracterización en la cuenca de río Puyo, de la Amazonia Ecuatoriana, para evidenciar la propiedad de agua mediante macroinvertebrados (Rodríguez Badillo et al, 2016, p 503) señalan que en la identificación de familias de macroinvertebrados, existe un número alto de grupo taxonómicos en los sitios 1(Fátima) y 2(Paseo Turístico) las cuales fueron fuente de estudio, las cuales establecen una relación con la condición de particularidad de agua limpias, de acuerdo al índice BMWP-CR e IBF, señala también en el referido estudio que la predominancia de individuos pertenecientes a los órdenes *Ephemeroptera* y *Trichoptera* en el sitio 1 (Fátima) están estrechamente relacionada con la presencia de aguas cristalinas, oligotróficas con elevada aeración.

Gamarra et al (2017, p 18). Menciona que el Índice Biótico Andino (ABI), es relativamente nuevo y que su aplicación en los países andinos como Perú y Ecuador han sido relativamente escasas, se han realizado estudios basados en este índice con la naturaleza de tener alternativas con diseños especialmente para ecosistemas altoandinos. Giraldo *et al* (2020, p 660), en sus discusiones hace mención que la suma de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), es un índice biótico mayormente empleado como indicador biológico, esto porque los tres órdenes que lo forman, son considerados sensibles a las perturbaciones ambientales. Yépez *et al* (2017, p.30) señala que la presencia de la familia Tubificidae es característica de sistemas eutrofizados de abundante materia orgánica en descomposición, lo indica una zona con presencia de esta familia está altamente contaminada.

Pérez *et al* (2020, p. 43). Indica que la familia Pleidae de la orden Hemíptera, son organismos depredadores de macroinvertebrados y otro organismo, los cuales prefieren aguas quietas de mediana extensión, por otro lado, los coleópteros acuáticos, son organismos de gran relevancia ecológica para ecosistemas de agua dulce, alimentándose de materia vegetal [...] de manera concreta la estructura del grupo de macroinvertebrados depende de varios factores, como el oxígeno disuelto, pH, la temperatura, conductividad eléctrica, donde la variación de estos parámetros físicos químicos concuerdan de manera significativa con las variaciones y abundancia de la comunidades acuática. Cabe resaltar que el orden Trichoptera en sistemas loticos está relacionada con abundante cobertura vegetal en sus riveras, estableciéndose que el aumento de zonas deforestadas por actividades agropecuarias puede causar cambios ambientales y minimizar su diversidad (Urdingo, et al, 2019, p.874). Por otro lado, en organización de macroinvertebrados acuáticos la abundancia en conjunto con la presencia de organismo indican perturbación, pudiendo ser positiva o negativa dicha presencia, ejemplo de ellos es que, si una estructura comunitaria en condiciones naturales contiene alta diversidad de especies, pero bajo número de individuos (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, Megaloptera, Coleóptera, Hemiptera, Diptera y algunos Odonatos) indican buena calidad en el ecosistema acuático, de la misma manera que un ecosistema alterado o contaminada se define como la disminución en la diversidad de especies y el aumento de la cantidad de ciertos organismo como los oligoquetos, Dipteros y moluscos, indicadores de un ambiente deteriorado(Aguilar, 2016, p. 23).

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), es considerado un método simple y muy fácil de valorar calidad del agua, mediante el uso de invertebrados mayores como indicadores biológicos, analizando hasta el nivel de familia, de manera cuantitativa de presencia y ausencia (Carrasco-Baquero, 2020, p. 873). Cabe precisar que los sistemas de monitoreo biológicos demostraron ser útiles y de bajo costo, debido a que no requieren de equipos sofisticados, por lo que son una alternativa prometedora para una rápida evaluación y presentación e información general, pero sería más efectivo este método si se aplica a estudios de largo plazo, considerando factores como: topografía, geología, factores estacionales y físico químicos. (De Queiroz, *et al*, 2018, p. 107)

V. CONCLUSIONES

1. En el proceso de investigación, se identificó, diferentes tipos de índice bióticos que se usan a nivel nacional e internacional, entre los más usados destacan: el Biological Monitoring Working Party (BMWP), adaptado a la geografía de países neotropical, el Family Biotic Index (IBF) o Índice Biótico de Familia (ABI), el Puntaje Promedio por Taxón (ASPT), como también el índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), dichos índices emplean a los macroinvertebrados como indicadores biológicos de la calidad de un cuerpo de agua lotico, caracterizando el grado de contaminación mediante valores numéricos (0 - > 150 en el caso de WMWP) y porcentaje, de lectura fácil de interpretación al momento de la evaluación.
2. El empleo de los índices biológicos establece rangos de valores asignado a los macroinvertebrados mediante puntuaciones que indican el estado de salud del cuerpo de agua, entre ellos: el WMWP, índice que da un valor de 0 a 10 para familia tolerantes y sensible, cuya suma da el valor de calidad, que va desde < 15 que significa "agua fuertemente contaminada" hasta > 150 cuya interpretación es de Aguas muy limpias (Trama, et al, 2020, p 152), para el índice ASTP, los valores asignados mediante las familias halladas, se le asignaron valores de 1 a 10, donde 1-3 son aguas fuertemente contaminadas y >9-10 son aguas muy limpias, mientras que el índice de EPT usa valores porcentuales basado en el número de ordenes encontradas en las muestras, que van de 0% - 4% siendo esta una agua Mala, hasta 75% - 100% siendo esta una agua muy buena(referencia de Jaramillo 2021). El índice IBA o ABI, tiene valores asignados de acuerdo a la sensibilidad de las familias registradas, sumando dichos valores donde el total se debe ubicar en categoría que van desde < 11 como Pésimo hasta > 74 como estado Muy Bueno. Se determinó en la investigación de revisión sistemática, que el empleo de macroinvertebrados acuáticos, aportan en la caracterización de la calidad de agua de cuerpos loticos, siendo estos buenos bioindicadores en el tiempo, respecto a la salud de un cuerpo de agua, de fácil interpretación y replica.

VI. RECOMENDACIONES

1. En el Perú, los estudios de investigaciones respecto al uso de organismo vivos como bioindicadores (macroinvertebrados acuáticos) de los cuerpos de agua, aún es muy escasa, a pesar de su fácil manipulación, accesibilidad e interpretación de datos, es por ello que se recomienda mayor difusión y replica de este tipo de investigación, razón de ello es que, al momento de revisar las bibliografías, hay más antecedentes internacionales, sobre todo de Colombia, que del Perú.
2. Se identificaron varios tipos de índices usados a nivel nacional como internacional, por lo que es recomendable en futuras investigaciones, usar los índices que se ajuste más a la realidad de nuestro país o región, como los índices Biological Monitoring Water Party (BMWP) y Andean Biological Index (ABI), así como el índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), para nuestro país, cuya manipulación de índices son fácil de lectura.
3. Se recomienda que se sigan haciendo trabajos de caracterización de los ríos, lagos, lagunas, mediante el empleo de estos organismos bioindicadores de la calidad de agua a fin de tener mapeado los estados ecológicos de los cuerpos de agua del Perú.
4. En un futuro y mediante más investigaciones sobre el tema a lo largo del país, se puede proponer que en los monitoreo de los cuerpos de agua del país también se usen a los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de estos cuerpos, hasta el punto de proponer sea un estándar de calidad ambiental.

REFERENCIAS

1. AGUILAR BALTODANO, Marbel Vadeska. "Uso de macroinvertebrados dulceacuícolas para diagnosticar la calidad del agua del río Jesús, Municipio San Rafael del Sur, Departamento de Managua". 2016. *Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua*. P. 1-79. [Fecha de consulta: 25 de agosto del 2021] disponible en:
<https://repositorio.unan.edu.ni/13735/1/Marbel%20Vadeska%20Aguilar%20Baltodano.pdf>
2. ALAN, David y Cortez, Liliana. "Procesos y fundamentos de la investigación científica" Editora UTMACH 2018, ISBN:978-9942-24-0934 p.12-109 [Fecha de consulta: 01 de agosto del 2021] disponible en:
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12498>
ISBN: 978-9942-24-093-4
3. ARANGO, María Cecilia, et al. "Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaraida, San Luis, Antioquia" *Revista Elia*, 2008, no 9, p. 121-141 [Fecha de consulta: 14 de agosto del 2021]. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372008000100010
ISSN 2463-0950
4. CARDENAS-CASTRO, Estrella et al. "Aplicación del Índice biótico de familias de macroinvertebrados para la caracterización del agua del río Teusaca, afluente del Río Bogotá". *Universidad de ciencias Aplicadas y Ambientales, Actualidad y divulgación científica*, 2018, vol. 21, no 2, p 587-597. [Fecha de consulta: 17 de julio de 2021] disponible en:
<https://repositorio.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/1562/1004-Texto%20del%20art%c3%adculo-5399-1-10-20181215.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. CARRASCO-BAQUERO, Juan Carlos, et al. "Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en sitios de interés turístico de la provincia de Pastaza, Amazonía Ecuatoriana". *Polo del Conocimiento*, 2020, vol. 5, no 1, p. 858-879. [Fecha de consulta: 26 de agosto de 2021] disponible en:
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2021/4028>
ISSN: 2550-682X
6. CASTILLO, Andrés Rodríguez; Judith Roldán; VIDAL, Geiner Manuel Bopp,; "Macroinvertebrados Bentónicos Indicadores de Calidad Biológica del Agua de Lagunas Altoandinas, La Libertad-Perú". *REBIOL*, 2021; vol. 41, n° 1, p. 91-101. [Fecha de consulta: 17 de julio de 2021] disponible en:
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/3609>
ISSN 2313-3171
7. CUSTODIO VILLANUEVA, María; CHANAME ZAPATA, Fernán Cosme, "Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas Indicadores ambientales, Junin-Perú" *Scientia Agropecuaria*, 2016, vol. 7 n° 1, p. 33-44. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2021]. Disponible en:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172016000100004&script=sci_arttext bajado de: <https://scholar.google.com>
ISSN 2077-9917

8. CHAGAS, Flavia Bernardo; RUTKOSKI, Camila Fatima; BIENIEK, Gregori Betiato; VARGAS, Gean Delise Leal Pasquali; HARTMANN, Paulo Alfonso; MARILIA, Teresinha. Utilização da estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicador de qualidade da água em ríos no sul do Brasil. *Revista Ambiental & Água Mai*, 2017, vol 12, n° 3, p. 416-425 [Fecha de consulta: 05 de junio de 2021]. Disponible en:
<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/wrnt3VJsLQyrLPfcC4RSKkb/?lang=pt>
9. CHAUX, Juliette Pauline; et al. "Biodiversidad de la Comunidad de Macroinvertebrados Acuáticos Asociados al río Fragua Chorroso y su papel como bioindicador de la calidad de Agua". *Revista Facultad de Ciencias Basicas*, 2018, Vol. 14 N° 2, p. 130-137. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2021]. Disponible en:
<http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=8e92da99-e758-463e-8961-0256f6671474%40sessionmgr4007>
10. DE QUEIROZA, Maria Elisa Ferreira, et al. "Utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores em córrego urbano de Conceição do Araguaia-PA". *Sustentabilidade em Debate*, 2018, Vol, 9, n0 3, p. 96-110. [Fecha de consulta 18 de agosto del 2021]. Disponible en:
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2017&as_yhi=2021&q=10.%09DE+QUEIROZA%2C+Maria+Elisa+Ferreira%2C+et+al.+%E2%80%9CUtiliza%C3%A7%C3%A3o+de+macroinvertebrados+bent%C3%B4nicos+como+bioindicadores+em+c%C3%B3rrego+urbano+de+Concei%C3%A7%C3%A3o+do+Araguaia-PA%E2%80%9D.+Sustentabilidade+em+Debate%2C+2018%2C+Vol%2C+9%2C+n0+3%2C+p.+96-110&btnG=
 ISSN-e 2179-9067
11. ERIKSEN, Tor Erik, et al. "Ecological condition, biodiversity and mejor environmental challenges in a tropical river network in the Bago District in South-central Myanmar: First insights to the unknown". *Limnologia*, 2021, vol, 86, p. 1-12 [Fecha de consulta 18 de agosto del 2021]. Disponible en:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0075951120301973?token=58E0A1E536ECD95178E8A3893040F606A0344B9DEBACA56501818F3B0077F150240434E379BD646AC7C40D138877F814&originRegion=us-east-1&originCreation=20210819193324>
<https://doi.org/10.1016/j.limno.2020.125835>
 ISSN 125835
12. sistemáticas exploratorias como metodología para la síntesis del conocimiento científico" *Enfermería universitaria*, 2020, vol. 17, n° 1, p. 87-94 [Fecha de consulta, 1 de agosto del 2021] disponible en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-70632020000100087&script=sci_arttext
 ISSN 1665-7063
13. FLORES ROJAS, Diana; HUAMANTINCO ARAUJO, Ana. Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la Cuenca del Jequetepeque (Cajamarca, Perú). *Ecología Aplicada*, 2017, vol 16, n° 2, p. 105-114. [Fecha de consulta: 06 de junio de 2021]. Disponible en:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162017000200005&script=sci_arttext
 ISSN 1726-2216

14. GAMARRA, Yolanda, *et al.* “Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos(cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyaca), Colombia”. *Biota Colombiana*, 2017, Vol. 18, no 2, p.11-29. [Fecha de consulta: 22 de agosto de 2021]. Disponible en:
<http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=c3e4730e-5a85-46a1-a47d-97c063f4242d%40sessionmgr102>
15. GALEANO – RENDON, Esnedy, MONSALVE – CORTES, Lina maria; MANCERA – RODRIGUEZ, Néstor Javier (2017). Evaluación de la calidad ecológica de quebradas Andinas en la cuenca del Río Magdalena Colombiana. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 2017, vol 20, n° 2, p. 413-424. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2021]. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262017000200019&script=sci_abstract&lng=en
413-424, Julio-diciembre, 2017
16. GIRALDO, Lina Paola, *et al.* “Restauración de corredores ribereños en paisajes ganaderos de la zona andina colombiana: efectos tempranos en el ambiente acuático”. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, Físicas y Naturales*, 2020, Vol.44, no 171, p. 625-664. [Fecha de consulta: 22 de agosto de 2021]. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v44n171/0370-3908-racefn-44-171-652.pdf>
17. GIACOMETTI, Juan C. “Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de la calidad del agua en el río Alambi”. *Boletín Técnico. Serie Zoológica*, 2019, vol 6, n° 2, p. 17-32 [Fecha de consulta: 05 de junio de 2021]. Disponible en:
<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-serie-zoologica/article/view/1394>
18. GUTIERREZ-FONSECA, Pablo E.; RAMIREZ, Alonso. “Evaluación de la calidad ecológica de los ríos en Puerto Rico: principales amenazas y herramientas de evaluación”. *Hidrobiología*, 2016 vol. 26, no 3, p. 433-441. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2021]. Disponible en:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v26n3/0188-8897-hbio-26-03-00433.pdf>
19. HANKEL, Guillermo Eduardo; EMMERICH, Daniel Enrique; MOLINERI, Carlos. “Macroinvertebrados bentónicos de ríos de zonas áridas del noroeste argentino”. 2018. *Ecología austral*, agosto 2018, Volumen 28 N. 2 p. 435 – 445 [Fecha de consulta: 25 de junio de 2021]. Disponible en:
<http://www.scielo.org.ar/pdf/ecoaus/v28n2/v28n2a06.pdf>
20. HIRSCH ADLER, Ana; NAVIA ANTEZANA, Cecilia. “Ética de la investigación y formadores de docentes”. *Revista electrónica de investigación educativa*, 2018 vol. no 3, p. 1-10 [Fecha de consulta: 04 de agosto del 2021]. Disponible en:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/redie/v20n3/1607-4041-redie-20-03-1.pdf>
ISSN:1726-2216
21. HERNANDEZ, Esnedy, *et al.* “Índice de calidad ecológico empleando algas perifíticas en un tramo del Río San Juan (Antioquia-Colombia)”, *Revista MVZ Córdoba*, 2018, vol 23 no s, p. 6998-7012. [Fecha de consulta: 19 de agosto del 2021]. Disponible en:
<https://revistamvz.unicordoba.edu.co/article/view/1423/pdf>
ISSN: 0122-0268
22. JARAMILLO ABAD, Gleyman y. Estructura y composición comunitaria de macroinvertebrados bentónicos, como referentes de la calidad del agua – cuenca San

- Alberto, Oxapampa, Perú. Tesis (*Magister Scientiae en Ciencias Ambientales*) Universidad Nacional Agraria la Molina, Escuela de Posgrado. 2021. pp 179 [Fecha de consulta: 06 de junio de 2021]. Disponible en:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4741>
23. JIMÉNEZ, Ramiro; BARBUENO, Eduardo; TIMBE, Bruno; ASTUDILLO, Pedro X. ; “ El uso de gremios tróficos en macroinvertebrados acuáticos como herramienta de monitoreo en los Altos Andes del Sur de Ecuador” *Neotropical Biodiversity*, 2021, vol, 7, No 1 p. 310-317 [Fecha de consulta 09 de agosto del 2021] Disponible en:
<https://www.scopus.com>
<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23766808.2021.1953891?needAccess=true>
ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/tneo20>
24. LA MATTÀ ROMERO, Fiorella Paola, “Influencia del drenaje ácido de roca en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, índices bióticos de calidad de agua y grupos funcionales alimenticios en ríos y cabeceras de la Cordillera Blanca (sub cuenca de Quillcay, Ancash)”. Tesis de Licenciatura en Biología, *Universidad Peruana Cayetano Heredia*, 2020, p. 1-118. [Fecha de consulta: 19 de agosto del 2021] Disponible en:
https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/8533/Influencia_LaMatta_Romero_Fiorella.pdf?sequence=1&isAllowed=y
25. LAINI, Alex, et al.: “Testing the response of macroinvertebrate communities and biomonitoring indices under multiple stressors in a lowland regulated river”. *Ecological Indicators*, 2018. vol. n° 90, p. 47-53 [Fecha de consulta 30 de julio del 2021] disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X18301365>
26. LEAÑO SANABRIA, Juan Jacobo; PEREZ BARRIGA, Deysi. “Determinación de Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (indicadores ecológicos) del Rio Trancas, Municipio de Entre-Tarija”. *Acta Nova*, 2020, vol. 9, no 4, p. 567-591. [Fecha de consulta: 15 de agosto del 2021]. Disponible en:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892020000100007&script=sci_arttext
ISSN 1683-0789
27. LEIVA, German; FUENTES, Norka; ZELADA, Sara; RIOS-HENRIQUEZ, Catalina; “Aplicación of the Lake Biotic Index (LBI) in the ecological characterization of a North Patagonian lake in Chile” *Heliyon*, 2019, vol 5, p. 1-8. [Fecha de consulta: 15 de Agosto del 2021]. Disponible en:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2405844019361523?token=15709D28BB92F21FBE944CFFE4701CBD35B78263BE27E6109959E58DD06749B0EC644F8F95E96A2D66860146717034AF&originRegion=us-east-1&originCreation=20210815211600>
Página web <https://www.sciencedirect.com/>
28. LEIVA, M; BONACINA, Ernestina; DIODATO, Liliana; “Efecto del muestreo de diferentes hábitats sobre la aplicación de índices bióticos basados en macroinvertebrados” *Biología Acuática*, 2020 p. 2 [Fecha de consulta: 15 de agosto del 2021]. Disponible en:
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/102912/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
ISSN 1668-4869
29. LEYTE-VIDAL, Juan J. Piña; et al. “Caracterización de tres bioindicadores de contaminación por metales pesados”. *Revista Cubana de Química*, 2019, Vol. 31, no 2, p. 293-308 [Fecha de consulta: 20 de agosto del 2021]. Disponible en:

<http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=004b2eda-4216-475a-b7db-f5c22050f2c0%40sessionmgr102>

30. LIÑERO ARANA, Idelfonso et al. "Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados". Cuadernos de investigación UNED, 2016, Volumen 8 N° 1, p. 68-75 [Fecha de consulta: 21 de agosto del 2021]. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v8n1/1659-4266-cinn-8-01-00068.pdf>
ISSN: 1659-4266
31. MADERA, L. C., Angulo, L. C., Diaz, L.C., & Rojano, R. (2016). Evaluación de la Calidad del agua en algunos puntos afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de contaminación. *Información tecnológica*, 2016, vol 27, n° 4, p. 103-110. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2021]. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642016000400011&script=sci_arttext&tlng=p
ISSN 0718-0764
32. MACCHI, Pablo Antonio. "Macroinvertebrados acuáticos como indicadores ecológicos de cambios en el uso del suelo en mallines del sudoeste de la Provincia de Río Negro" 2017. P- 1-227, *Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata*. [Fecha de consulta, 31 de julio del 2021] disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/59171>
33. MENDOZA, Sandra Hernández, et al. "Técnicas e instrumentos de recolección de datos" *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 2020, vol- 9, n° 17, p- 51-53 [Fecha de consulta 03 de agosto del 2021] disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019/7678>
ISSN: 2007-4913
34. MENESES-CAMPO, Yanet; CASTRO-REBOLLEDO, Maria Isabel, JARAMILLO-LONDOÑO, "Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL y ABI". *Acta Biológica Colombiana*, 2019, vol 24, no2, p.200-310. [Fecha de consulta: 15 de agosto del 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v24n2/0120-548X-abc-24-02-299.pdf>
35. MIRAVET SANCHEZ, Bárbara Liz, et al. "Calidad de las aguas del río Ariguanabo según índices físico-químicos y bioindicadores" *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 2016, Volumen 37, N° 2 P. 108-122. [Fecha de consulta: 17 de julio de 2021]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382016000200009&lang=es
ISSN 1680-0338
36. MIÑANO, Pablo; Olaya, Michela; Huamantico, Ana A. "Clave taxonómica de ninfas de Ephemeroptera (insecta) del sudeste de Perú" *Revista Peruana de Biología* Oct. 2019, Vol. 26 n° 4 p. 411-428. [Fecha de consulta: 17 de julio de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332019000400002&lang=en
ISSN 1727-9933
37. MOSCOSO Loaiza, Luisa Fernanda, DIAZ Heredia, Luz Patricia, "Aspectos éticos en la investigación cualitativa con niños" *Revista Latinoamericana de Bioética*, 2017, vol. 18 n° 1, p. 51-67 [Fecha de consulta, 03 de agosto del 2021] disponible en:

<http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=69862b14-f61e-4ea3-b88a-3d5068a80c83%40sessionmgr4007>

38. MORENO, Begoña, et al. "Revisión Sistemáticas: definición y nociones básicas, *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral*. 2018, vol. n° 3, p. 184-186 [Fecha de consulta, 31 de julio del 2021] disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=s0719-01072018000300184&script=sci_arttext ISSN 0719-0107
39. MOYA, Nabor; SANTANDER, Mayra; FERNANDEZ, Beymar. "Evaluación de calidad ecológica de los ríos Quirpinchaca y Cachimayu usando macroinvertebrados como bioindicadores de contaminación" *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2019, vol. 17 no19, p. 11-22 [Fecha de consulta, 19 de agosto del 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rcti/v17n19/v17n19a02.pdf>
40. MORALES, javier; NEGRO, ANA I; LIZANA; Miguel. "Reseñas sobre diversidad de invertebrados no artrópodos dulceacuícolas en ecosistemas oligotróficos y poco mineralizados de la red Natura 2000 (NO de España)". *Nova Científica Compostelana*, 2017, Vol. no 24, p. 21-44. [Fecha de consulta, 19 de agosto del 2021]. Disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=4056b003-b2b9-4fda-a0f0-7fa103ba2c87%40pdc-v-sessmgr03>
41. NUÑEZ, Julio C.; FRAGOSO-Castilla, Pedro J. "Uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua en la cuenca del río Guatapurí (Valledupar, Colombia)" *Información tecnológica*, 2020, vol. 31, n° 6, p 207-216 [Fecha de consulta: 29 de julio 2021] disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642020000600207&lang=es ISSN 0718-0764
42. OÑATE BARRAZA, Hernando Carlos; CORTÉZ HENAO, Gridis Yulieht, "Estado del agua del río Cesar por vertimientos residuales de la ciudad de Valledupar. Bioindicación por índice BMWP/Col" *Tecnura*, 2020, vol.24, n° 65, p 39-48 [Fecha de consulta 29 de julio 2021] disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2020000300039&lang=es ISSN 0123-921X
43. PASCUAL, Gissela; IANACONE, José; ALVARIÑO, Lorena. "Macroinvertebrados bentónicos y ensayos toxicológicos para evaluar la calidad del agua y del sedimento del río Rímac, Lima, Perú" *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 2019, Vol. 30 n° p. 1421-1424. [Fecha de consulta: 17 de julio de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v30n4/a05v30n4.pdf>
44. PEREZ, Johan Pérez, et al. "Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del departamento de Boyacá, Colombia". *Revista producción más limpia*, 2020, Vol. 15 N° 1, p. 35-48. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2021]. Disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=0bc16dca-dc38-4ea5-b789-f1d8d75c94e4%40sessionmgr101>
45. PIO, Jéssica F. G; SANTIAGO, Eunice de F.E; COPATTI, Carlos E. "Composition and diversity of benthic macroinvertebrados in a Brazilian Cerrado stream" *Iheringia Serie Zoológica*, 2020, vol. 110, elocation e2020016, p 1- 7 [Fecha de consulta:18 de julio de 2021] Disponible en: <https://www.scielo.br/j/isz/a/GFs9XK6YshJkRyYbvPYDPkr/?lang=en#>

46. RAMIREZ, Santiago Ayala, et al. "Determinación de la calidad de agua del rio Frio (Cundinamarca, Colombia) a partir de macroinvertebrados bentónicos". *Avances: Investigación en Ingeniería*, 2019. Vol. 16 n° 1, p 49-65. [Fecha de consulta 30 de julio 2021] disponible en:
<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/5191/5313>
ISSN: 1794-4953 • e-ISSN: 2619-658
47. RAMOS, Camila Irene, et al. "MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DA-QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA POPUCA-BOTINHAS, GUARULHOS" *Revista Geociências-UNG-Ser*, 2019, vol. 17, n° 1, p. 29-34. [Fecha de consulta 31 de Julio del 2021] disponible en:
<http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/view/3062/2558>
ISSN 1981-741X
48. RODRIGUEZ BADILLO, LEO *et al.* "Caracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el rio Puyo, en la Amazonia Ecuatoriana". *Hidrobiológica*, 2016, Volumen 26, N° 3, p. 359-371 [Fecha de consulta 22 de agosto del 2021] disponible en:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v26n3/0188-8897-hbio-26-03-00497.pdf>
49. ROLDAN-PÉREZ, Grabiél. "Los Macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica" *Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 40, n° 155, 2016 p. 254-274.
<http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>
50. ROLDÁN - Pérez. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Academia Colombiana Ciencias*, 2016, vol 40, n° 155, p. 254-274. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2021]. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>
51. SALAZAR, Dasmylis Del Castillo; ABRAHANTES, Taimi Nereirda Rodriguez; "La ética de la investigación científica y su inclusión en las ciencias de la salud". *Acta Médica del Centro*, 2018, vol. 12 n° 2, p. 213-227. [Fecha de consulta: 04 de agosto del 2021]. Disponible en:
<https://www.medigraphic.com/pdfs/medicadelcentro/mec-2018/mec182n.pdf>
52. SUAREZ-PONCE, Daniel, *et al.* "Bioética, principios y dilemas éticos en Odontología" *Odontología sanmarquina*, 2016, vol. 19, n° 2, p. 20-52 [Fecha de consulta: 04 de agosto del 2021]. Disponible en:
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/odont/article/view/12919/11538>
ISSN: 1560-9111
53. TAPIA, Liliana, *et al.* "Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en Lagunas Altoandinas del Perú". *Ecología Aplicada*, 2018, vol. 17, no 2, p. 149-163. [Fecha de consulta: 04 de agosto del 2021]. Disponible en:
<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v17n2/a16v17n2.pdf>
ISSN 1993-9507
54. TRAMA, Florencia Andrea; SALCEDO Gustavson, Stefany Arerly; Demarcy, Laetitia; ERBURE Cardozo, Lorena; JARA Palomino, Bryan Alberto; MUÑOZ Ccuro, Felipe Elvira; RIOS Alvarado, Josué Renato; RIZO Patrón Viale, Federico L.S. "Índices de calidad de hábitat y Macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga

- Chemillen y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú”, *Revista Peruana de Biología*, Abril 2020, vol. 27, n° 2, p 149-168 [Fecha de Consulta: 18 de julio de 2021] Disponible en : <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v27n2/1727-9933-rpb-27-02-149.pdf>
ISSN-L 1561-0837; eISSN: 1727-9933
55. TORRENTES, Mailedt Paola Murillo, et al. “Aplicación de tres índices bióticos en el río San Juan, Andes, Colombia”. *Revista Mutis*, 2016, vol. 6, no 2, p. 59-73. [Fecha de consulta: 15 de agosto del 2021]. Disponible en: http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/13307/1/AquirreNestor_2016_AplicacionIndicadoresBioticos.pdf
56. quebradas con diferente cobertura ribereña en el bosque Protector Murocomba”, Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 2019, vol. 67, no 4, p. 861-878. [Fecha de consulta: 15 de agosto del 2021]. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v67n4/0034-7744-rbt-67-04-861.pdf>
ISSN-0034-7744
57. VALBUENA-VILLAREAL, Rubén Darío; GUALTERO-LEAL, Diana Maria. “Aquatic macroinvertebrates (Animalia Invertebrata) of the área of influence of El Quimbo Hydroelectric, Huila, Colombia”. *Boletín Científico, Centro de Museos de Historia Natural*, Jun 2021, Volumen 24, N° 1, p. 15-31 [Fecha de consulta: 15 de agosto del 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v25n1/0123-3068-bccm-25-01-15.pdf>
ISSN: 2462-8190
58. VELÁSQUEZ GUARNIZ, Mirian Noemi. “Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de Agua en Lagunas de Cabecera de Cuenca del Río Rimac y Cuenca del Mantaro de la Región Central del Perú”, *Tesis para obtener el grado de Maestro en Gestión Ambientales*, Universidad nacional del Santa, 2018, pp 1-146. [Fecha de consulta: 17 de julio de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3137/47261.pdf?sequence=1>
59. WALTEROS RODRIGUEZ, Jeymmy Milena; CASTAÑO ROJAS, Juan Mauricio; MARULANDA GÓMEZ, Jorge Hernán. “Ensamble de macroinvertebrados acuáticos y estado ecológico de la microcuenca Dali-Otún, Departamento de Risaralda, Colombia” *Hidrobiológica*, dic. 2016, Volumen 26, N° 3, p. 359-371. [Fecha de consulta: 23 de agosto de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v26n3/0188-8897-hbio-26-03-00359.pdf>
60. YEPEZ ROSADO, Ángel, *at al.* “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales del río Quevedo, Ecuador” *Ciencias Ambientales - Cienc. Tecn. UTEQ*, 2017, Ene-Marz 2020, Vol. 43, N° 1, p. 18-24. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2021]. Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=d2e52375-62ba-45d3-9256-6d3d4be47115%40sessionmgr4007>
ISSN-e 1390-4043, ISSN 1390-4051

ANEXOS

ANEXO 1. Resumen de tipo de índices empleados en diversos estudios a nivel Nacional e Internacional

Ítem	Investigaciones realizadas	Índice empleados	Identificación Taxonómica	Contribución de los MIB en los estudios	Tipo de contaminación
1	Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia.	BMWP/Col, ASPT, ETP	O, F	Evaluación	Contaminación de aguas residual orgánica – Cuerpo Lotico
2	Macroinvertebrados bentónicos, indicadores de calidad biológica del agua de lagunas altoandinas, La Libertad-Peru.	BMWP, IBA	F	Evaluación	Cuerpo afectado por actividad minera y agrícola – Cuerpo Lentico
3	Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas Indicadores ambientales, Junin-Perú	Simpson-Gini y Shanon-Wiener	O, F	Evaluación	Contaminación por aguas residuales, urbanas, pecuarias y agrícolas. – Cuerpo Lotico
4	Utilização da estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentónicos como indicador de qualidade da águaem ríos no sul do Brasil	ETP, Shanon-Wiener	O, F	Evaluación	Contaminación de aguas residuales urbanas
5	Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la Cuenca del Jequetepeque (Cajamarca, Perú)	BMWP/Col, ABI	O, F	Monitoreo	Contaminación por actividades minera.
6	Evaluación de la calidad ecológica de quebradas andinas en la cuenca del río Magdalena, Colombia.	BMWP/Col, QBR-And, Ecostriland	F, O	Evaluación	Contaminación por actividades minera.
7	Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Almbi, Ecuador	EPT, BMWP	O, F, G	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
8	Estructura y composición comunitaria de macroinvertebrados bentónicos, como referentes de la calidad del agua-Cuenca San Alberto, Oxapampa, Perú”	EPT, IBF	O, F	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica

10	El uso de gremios tróficos en macroinvertebrados acuáticos como herramienta de monitoreo en los Altos Andes del Sur de Ecuador.	ABI,	F, G	Monitoreo	Contaminación por actividad Antrópica
11	Testing the response of macroinvertebrate communities and biomonitoring indices under multiple stressors in a lowland regulated river	ASPT, EPT	O, F	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
12	Determinación de Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (indicadores ecológicos) del Rio Trancas, Municipio de Entre-Tarja	BMWP/Bol	F	Evaluación	Calidad de agua para consumo
13	Application of the Lake Biotic Index (LBI) in the ecological characterization of a North Patagonian lake in Chile.	LBI	F	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
14	Efecto del muestreo de diferentes hábitats sobre la aplicación de índices bióticos basados en macroinvertebrados.	BMWP, ASTP	O, F	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
15	Clave taxonómica de nifas de Epheroptera (insecta) del sudeste de Perú		O, F	Evaluación	Identificación de MI en diferentes zonas altitudinal
16	Evaluación de la Calidad del agua en algunos puntos afluentes del rio Cesar (Colombia) utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de contaminación.	BMWP/Col	F	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
17	Macroinvertebrados acuáticos como indicadores ecológicos de cambios en el uso del suelo en mallines del sudoeste de la Provincia de Rio Negro.	Shanon-Wiener, Pielou	F, G	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
18	Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL y ABI.	BMWP/COL y ABI.	F, O	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
19	Uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua en la cuenca del rio Guatapuri (Valledupar, Colombia)	BMWP/COL y ASPT.	F, O	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
20	Estado del agua del rio Cesar por vertimientos residuales de la ciudad de Valledupar. Bioindicación por índice BMWP/Co	BMWP/COL	F, O	Evaluación	Contaminación de aguas residuales domesticas
21	Macroinvertebrados bentónicos y ensayos toxicológicos para evaluar la calidad del agua y del sedimento del rio Rímac, Lima, Perú	EPT, ABI	F, O	Evaluación	Contaminación por actividad; domesticas, industriales.

22	Composition and diversity of benthic macroinvertebrados in a Brazilian Cerrado stream	Shanon-Wiener, Pielou	F	Evaluación	Caracterización por épocas
23	Determinación de la calidad de agua del rio Frio (Cundinamarca, Colombia) a partir de macroinvertebrados bentónicos	BMWP/Col, ASTP, IBF, EPT, Shanon-Weaver, Margalef.	F, O	Evaluación	Caracterización del rio
24	Macroinvertebrados acuáticos Como Bioindicadores da-Qualidade da agua da Bacia Hidrográfica Popuca-Botinhas, Guarulhos	Shanon-Wiener	F, O	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
25	Los Macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica	BMWP/Col	O	Evaluación	Contaminación Urbana
26	Indices de calidad de hábitat y Macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillen y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú	IBA, HIF, Qbr-And, FBI, BMWP/Col, ECOSTRIAND	F, O	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
27	Aplicación de tres índices bióticos en el rio San Juan, Andes, Colombia	BMWP/COL y ASPT.	F, O	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
28	Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de Agua en Lagunas de Cabecera de Cuenca del Rio Rimac y Cuenca del Mantaro de la Región Central del Perú	ABI, Shanon-Wiener, Pielou, Simpson, Margalef, dominancia.	F, O	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
29	Ecological condition, biodiversity and mejor environmental challenges in a tropical river network in the Bago District in South-central Myanmar: First insights to the unknown	ASTP, EPT	F	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
30	Evaluación de calidad ecológica de los ríos Quirpinchaca y Cachimayu usando macroinvertebrados como bioindicadores de contaminación	BMWP/Bol, EPT	F, O	Evaluación	Contaminación por actividad Antrópica
31	Influencia del drenaje ácido de roca en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, índices bióticos de calidad de agua y grupos funcionales alimenticios en ríos y cabeceras de la Cordillera Blanca (sub cuenca de Quillcay, Ancash).	BMWP/Col/Esp/Cub, IBA	F, O	Evaluación	Contaminación minera
32	Índice de calidad ecológico empleando algas perifíticas en un tramo del Rio San Juan (Antioquia-Colombia)	ICE	E, F	Evaluación	Contaminación Antrópica y aguas residuales

33	Aquatic macroinvertebrates (Animalia Invertebrata) of the area of influence of El Quimbo Hydroelectric, Huila, Colombia	BMWP, ATP	F, O	Monitoreo	Contaminación de actividad Hidroeléctrica
34	Evaluación de la calidad ecológica de los ríos en Puerto Rico: principales amenazas y herramientas de evaluación	BMWP, IBF	F	Evaluación	Contaminación Antrópica y aguas residuales
35	Aplicación del Índice biótico de familias de macroinvertebrados para la caracterización del agua del río Teusaca, afluente del Río Bogotá	IBF	F	Evaluación	Contaminación aguas residuales
36	Caracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo, en la Amazonia Ecuatoriana	BMWP-CR IBF-SV	F	Evaluación	Contaminación aguas residuales e industriales
37	Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos(cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyaca), Colombia	ABI	F	Evaluación	Aguas de conservación
38	Restauración de corredores ribereños en paisajes ganaderos de la zona andina colombiana: efectos tempranos en el ambiente acuático	BMWP, EPT	F	Monitoreo	Contaminación por actividades ganaderas
39	Reseñas sobre diversidad de invertebrados no artrópodos dulceacuícolas en ecosistemas oligotróficos y poco mineralizados de la red Natura 2000 (NO de España)	Otros métodos		Monitoreo	Calidad de cuerpos de agua por contaminación antrópica
40	Calidad de las aguas del río Ariguanabo según índices físico-químicos y bioindicadores	BMWP	F	Evaluación	Contaminación por aguas residuales e actividades industriales.
41	Ensamble de macroinvertebrados acuáticos y estado ecológico de la microcuenca Dali-Otún, Departamento de Risaralda, Colombia	BMWP, QBR-And	F	Monitoreo	Aguas de conservación
42	Biodiversidad de la Comunidad de Macroinvertebrados Acuáticos Asociados al río Fragua Chorroso y su papel como bioindicador de la calidad de Agua	BMWP	F	Evaluación	Aguas de actividad antrópicas
43	Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales del río Quevedo, Ecuador	BMWP/Col Índices de Biodiversidad	F	Monitoreo	Agua residual urbana

44	Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del departamento de Boyacá, Colombia	BMWP/Col ASPT	F, O	Evaluación	Agua de reserva
45	Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en quebradas con diferente cobertura ribereña en el bosque Protector Murocomba	BMWP EPT IBF	F, O	Evaluación	Aguas de actividad antrópicas
46	Uso de macroinvertebrados dulceacuícolas para diagnosticar la calidad del agua del río Jesús, Municipio San Rafael del Sur, Departamento de Managua	IBF	F	Investigación	Aguas de actividad antrópicas
47	Macroinvertebrados bentónicos de ríos de zonas áridas del noroeste argentino	EPT, BMWP ASPT	F, O	Evaluación	Calidad de agua de cuerpo natural
48	Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en Lagunas Altoandinas del Perú	ABI	F	Evaluación	Agua contaminada por minería
49	Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en sitios de interés turístico de la provincia de Pastaza, Amazonía Ecuatoriana	BMWP, ABI	F, O	Monitoreo	Aguas de actividad antrópicas
50	Utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores em córrego urbano de Conceição do Araguaia-PA	BMWP	F	Monitoreo	Aguas de actividad antrópicas

Fuente: Elaboración Propia.

ABI – IBA: Andean Biotic Index (Índice Biótico Andino)

ASPT: Average Score Per Taxon (Puntaje Promedio por Taxon)

BMWP: Biological Monitoring Working Party (Grupo de Trabajo de vigilancia Biológica)

EPT: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera

Biotic Index (Índice Biótico Familiar)

Qbr-And: Índice de Quebrada Andina

ECOSTRIAND: Estado Ecológico de Ríos Andinos

HIF: Índice de Hábitat Fluvial

ICE: Índice de Calidad Ecológica

C: Clase, E: Especies F: Familia,

G: Genero, O: Orden, IBF/FBI: Family

HIF: Índice de Hábitat Fluvial

MI: Macroinvertebrados

Anexo 2. Principales métodos de bioindicadores para la evaluación de las aguas Loticas en países europeos, con empleo de macroinvertebrados

País	Método de identificación	Muestreo	Análisis	Identificación Rango	Rango
Bélgica	B B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	0 -10
Dinamarca	D F I	Cualitativo	Cualitativo	F G S	1 – 4
Francia	I B G N	Cuant/Cual	Cualitativo	FS	0 - 20
Alemania	B E O L / S	Cualitativo	Cualitativo	S	0-100/1-4
Irlanda	Q – rating	Cualitativo	Cualitativo	F G S	0-5
Italia	E B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	0-14
Luxemburgo	I B	Cualitativo	Cualitativo	O F	0-10
Holanda	K 135	Cualitativo	Cualitativo	F G S	100-50
Portugal	B B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	0-10
España	BMWP	Cualitativo	Cualitativo	F	0->150
Reino Unido	BMWP/ASPT	Cualitativo	Cualitativo	F	0->150/0-10

O=Orden, F=Familia, G=Genero, S=Especie

FUENTE: Referencia tomada y modificada de Roldan, Perez (2016, p 256)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, ARROYO ZUÑIGA CARLOS ALFONSO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Revisión Sistemática: Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores del Estado Ecológico de los Cuerpos de Agua Lóticos, para Monitoreo no Tradicionales.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ARROYO ZUÑIGA CARLOS ALFONSO DNI: 10486427 ORCID 0002-0839-5727	Firmado digitalmente por: CARROYOZU el 02-12- 2021 11:47:03

Código documento Trilce: INV - 0436461