



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS
COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE LOS CUERPOS DE AGUA
SUPERFICIALES A PARTIR DE INVESTIGACIONES REALIZADAS A NIVEL
NACIONAL E INTERNACIONAL**

AUTOR(ES):

HASSAN MOHAMED FARAH CARRILLO

SARA LUCIA SIERRA GUTIERREZ

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2022-2



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS
COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE LOS CUERPOS DE AGUA
SUPERFICIALES A PARTIR DE INVESTIGACIONES REALIZADAS A NIVEL
NACIONAL E INTERNACIONAL**

AUTOR(ES):

HASSAN MOHAMED FARAH

SARA LUCIA SIERRA

DIRECTOR

ING. LORENA FELICIA SIERRA CUELLO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

VALLEDUPAR – CESAR

2022-2



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, A Mohamed, Yolima, Najia, Samar, Khaled, Nahida y Salvador, a la Ing. Lorena Sierra, y a mí, porque si hoy pude, mañana también.

Hassan Farah.

Este proyecto va dedicado a Dios, a mi mamá, a mi hermana y mi hijo, y las personas que siempre estuvieron a mi lado.

Sara Sierra



AGRADECIMIENTOS

“Hoffnung ist das Letzte, woran wir aufhören sollten zu glauben“ (La esperanza es lo último en lo que no dejamos de creer) A Dios todopoderoso, ¡GRACIAS!, por darme la fortaleza, la sabiduría, el deseo y la voluntad de seguir adelante.

A mi familia, quienes siempre confiaron en mí. A la Ingeniera Lorena Sierra, mi dedicada tutora de proyecto, quien con su conocimiento y su guía fue una pieza clave y siempre estuvo apoyándome ante cada adversidad, así mismo; a mis profesores, por impartir sus invaluable conocimientos, a ellos gracias por todo su apoyo a lo largo de este proceso, y también a Sara Sierra, mi compañera de proyecto, por su apoyo y dedicación constante, y a Laura, por las tantas veces que estuvo presente ayudándonos a engranar este proyecto.

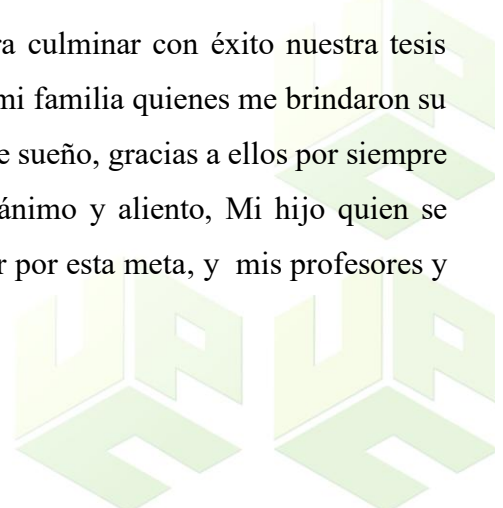
¡Muchas gracias por todo!, Danke Schön für alles...

Hassan Farah

Agradecer siempre a Dios por darme la paciencia, los errores y aprendizajes que obtuve en el transcurso de este tiempo como estudiantes, por darme la valentía y el coraje de tener siempre mi mente y mi corazón lleno de fe y amor para así llegar a esta meta que ya se culmina de la mejor manera, con este excelente proyecto grado

A mi compañero de grado Hassan Mohamed por estar siempre en todo este proceso de desarrollo por brindarme sus conocimientos y apoyo constante. A nuestra directora de proyecto Lorena Sierra, por guiarnos y orientarnos para culminar con éxito nuestra tesis. Finalmente ofrezco mis más sinceros agradecimientos a mi familia quienes me brindaron su apoyo y han estado siempre esperando verme cumplir este sueño, gracias a ellos por siempre estar cuando más los he necesitado con su palabra de ánimo y aliento, Mi hijo quien se convirtió en mi motivación constante para siempre luchar por esta meta, y mis profesores y compañeros.

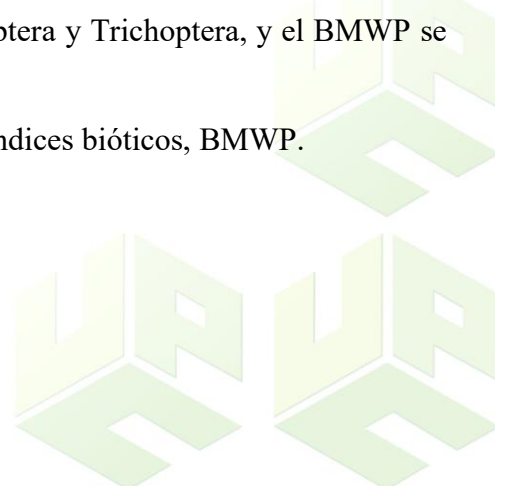
Sara Sierra



RESUMEN Y ABSTRACT

En las últimas décadas el crecimiento de las ciudades y el tratamiento inapropiado de residuos tanto domésticos como industriales, ha causado la contaminación de los cuerpos de agua. Con el fin de establecer herramientas apropiadas de administración y control de este recurso, se han desarrollado programas de evaluación de la calidad del agua. La presente investigación tenía por objeto evaluar la efectividad de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de los cuerpos de agua superficiales a partir de investigaciones realizadas en Colombia. Se realizó por medio de tres fases. La primera consistió en sistematizar la producción científica existente sobre bioindicadores macroinvertebrados en la calidad del agua, la segunda en establecer la eficiencia de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de los cuerpos de agua superficiales que reporta la literatura científica, y por último, valorar el aporte de los indicadores macroinvertebrados en cuerpos de aguas superficiales. Se analizaron los resultados finales de cada artículo seleccionado con relación a los bioindicadores macroinvertebrados y se tuvo en cuenta principalmente los parámetros fisicoquímicos e índices biológicos identificados en la actividad anterior y se compararon con los resultados de la revisión bibliográfica acerca del índice EPT, con la finalidad de conocer la efectividad de los dos en aguas superficiales. Según los análisis, los índices BMWP y EPT se pueden utilizar simultáneamente para evaluar la calidad de agua, ya que el EPT mide la riqueza de Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, y el BMWP se basa en la presencia y ausencia de familias

Palabras claves: Calidad del agua, macroinvertebrados, índices bióticos, BMWP.





**Universidad
Popular del Cesar**

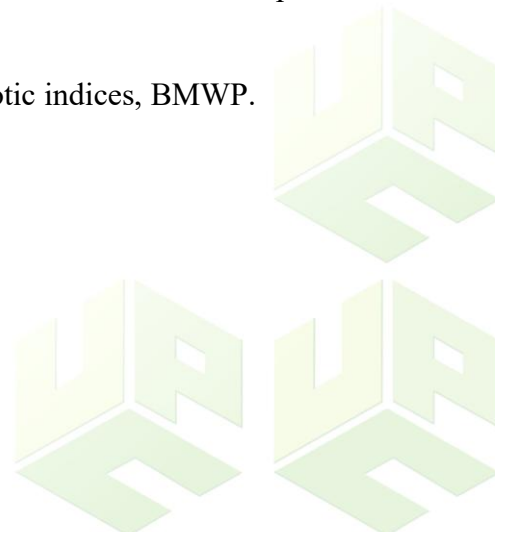
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



ABSTRACT

In recent decades, the growth of cities and the inappropriate treatment of both domestic and industrial waste has caused the contamination of water bodies. To establish appropriate management and control tools for this resource, water quality assessment programs have been developed. The purpose of this research was to evaluate the effectiveness of macroinvertebrates as bioindicators of the quality of surface water bodies based on research carried out in Colombia. It was carried out through three phases. The first consisted in systematizing the existing scientific production on macroinvertebrate bioindicators in water quality, the second in establishing the efficiency of macroinvertebrates as bioindicators of the quality of surface water bodies reported in the scientific literature, and finally, assessing the contribution of macroinvertebrate indicators in surface water bodies. The final results of each selected article were analyzed in relation to the macroinvertebrate bioindicators, and the physicochemical parameters and biological indices identified in the previous activity were taken into account mainly and compared with the results of the bibliographic review about the EPT index, with the purpose to know the effectiveness of the two in surface waters. According to the analyses, the BMWP and EPT indices can be used simultaneously to assess water quality, since the EPT measures the richness of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera, and the BMWP is based on the presence and absence of families.

Keywords: Water quality, macroinvertebrates, biotic indices, BMWP.





Contenido

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN Y ABSTRACT.....	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4. MARCO REFERENCIAL.....	19
4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
4.2 Marco teórico.....	23
4.3 Marco Conceptual.....	32
4.4. Marco Contextual.....	34
4.5 Marco Legal.....	35
5 DESARROLLO METODOLÓGICO.....	39
5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	39
5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
5.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN	39
5.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO	39
5.5 MUESTRA POBLACIONAL	39
5.6 DESARROLLO METODOLÓGICO.....	40
6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	49



7. RESULTADOS Y ANÁLISIS	51
7.1 Sistematizar la producción científica existente sobre bioindicadores macroinvertebrados en la calidad del agua.....	51
<i>7.2 Establecer la eficiencia de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de los cuerpos de agua superficiales que reporta la literatura científica.....</i>	<i>5</i>
7.3 Valoración del aporte de los indicadores macroinvertebrados en cuerpos de aguas superficiales.....	3
8. CONCLUSIONES	6
9. RECOMENDACIONES	8
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9





LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Normatividad aplicable.....	35
Tabla 2 Descripción de los artículos recopilados	42
Tabla 3 Descripción de las investigaciones seleccionadas.....	43
Tabla 4 Clasificación de los niveles de evidencia según Sackett.	44
Tabla 5 Cuadro análisis de varianza (ANOVA) para el diseño de bloques al azar	50
Tabla 6 Buscadores empleados.....	51
Tabla 7 Número de documentos recopilados por buscadores	52
Tabla 8 Investigaciones recopiladas	57
Tabla 9 Niveles de evidencia de Sackett.....	59
Tabla 10 Análisis de índices biológicos y parámetros fisicoquímicos de los artículos revisados.....	73
Tabla 11 Valores del cálculo del índice biológico según las investigaciones	79
Tabla 12 Correlación de Pearson y Spearman.....	80
Tabla 13 Comparación de los índices de calidad del agua según la bibliografía reportada	82
Tabla 14 Correlación de la degradación de la biomasa según los índices biológicos	84
Tabla 15 ANOVA	85





LISTA DE TABLAS

Figura 1 Tipos de macroinvertebrados.....	25
Figura 2 Metodología prisma	32
Figura 3 Ubicación del mapa de Colombia.....	34
Figura 4 Diagrama de flujo prisma.....	47
Figura 5 Niveles de Sackett.....	72
Figura 6 Diagrama de flujo prisma.....	82



INTRODUCCIÓN

La degradación de los recursos acuáticos ha sido motivo de preocupación del hombre en las últimas décadas. Por esta razón, existe un creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas fluviales y estudiar sus cambios en el tiempo, desarrollando criterios físicos, químicos y biológicos que permitan estimar el efecto y magnitud de las intervenciones humanas (NORRIS et al, 2000).

Durante los últimos años se han incrementado los trabajos dedicados a observar la influencia que tienen las variables tanto bióticas como abióticas sobre la organización de las comunidades de macroinvertebrados de los sistemas fluviales (HAWKINS et al 1981). Cada ambiente requiere adaptaciones particulares y por lo tanto alberga distintos grupos de organismos. El agua dulce es un medio distinto del agua salada y de la tierra firme. Muy pocas especies son capaces de vivir en ambientes de agua dulce y marinas, sobre todo por las diferencias en salinidad.

Los macroinvertebrados como aquellos invertebrados que se pueden ver a simple vista o bien que son retenidos por una red de malla de aproximadamente 125 μ m. Esta distinción es relativa y a veces arbitraria, por lo que podemos ser un poco más precisos definiendo los macroinvertebrados con base en la taxonomía. Este grupo tiene representantes en muchos filos de animales, entre ellos: Arthropoda, Mollusca, Annelida, Platyhelminthes, Nematoda y Nematomorpha. Sin embargo, hay que aclarar que varios miembros de estos filos son microscópicos por lo que se les considera parte de la meiofauna (microcrustáceos y micromoluscos, muchos anélidos y nemátodos, entre otros).

En cumplimiento con los objetivos plasmados se plantea una revisión bibliográfica sobre los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua superficial, caracterizando la literatura más relevante por medio de documentos científicos, artículos de investigación, páginas web, etc.

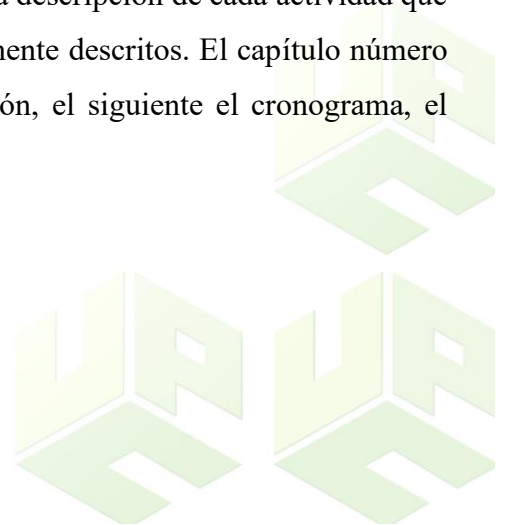
En el presente estudio se pretende realizar una revisión exhaustiva de la producción científica en el ámbito nacional e internacional, entendiendo la idea de investigación como



se ha planteado acerca de los bioindicadores macroinvertebrados en la evaluación de la calidad de los cuerpos de agua, lo cual permitirá evaluar como el recurso hídrico proveniente de un determinado lugar es el resultado de los procesos ecológicos específicos; que posee cierta calidad y es disponible en cierta cantidad. El buen estado de conservación de ese ecosistema es fundamental ya que uno de los efectos más relevantes son los servicios que proveen los ecosistemas acuáticos pueden verse en conflicto por la demanda del agua como recurso para diversos fines; este conflicto genera un desequilibrio del balance hídrico natural, con lo cual se puede perder la integridad ecológica y funciones ecosistémicas de los ríos.

El proyecto está estructurado de la siguiente manera: en la parte inicial, se encuentra el planteamiento del problema, seguidamente se encuentra la justificación el proyecto y los objetivos plasmados de la investigación, el general y los específicos. El cuarto capítulo de la investigación se denomina marco referencial, donde se encontrarán las investigaciones más recientes relacionadas con la investigación, por otra parte, se encuentran las bases teóricas y los conceptos claves para el desarrollo investigativo, lo que corresponde la marco teórico y conceptual, respectivamente. Posteriormente, encontramos la normatividad que aplicable al estudio y la contextualización que hace referencia al espacio temporal de investigación.

El capítulo número cinco, corresponde al desarrollo metodológico, el cual plasma la línea, sublínea, población y muestra objeto de estudio y la descripción de cada actividad que da cumplimiento a los objetivos específicos ya anteriormente descritos. El capítulo número sexto, incluye los resultados previstos de la investigación, el siguiente el cronograma, el presupuesto y, por último, las referencias bibliográficas.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las últimas décadas el crecimiento de las ciudades y el tratamiento inapropiado de residuos tanto domésticos como industriales, ha causado la contaminación de los cuerpos de agua, en especial en países en desarrollo. Con el fin de establecer herramientas apropiadas de administración y control de este recurso, se han desarrollado programas de evaluación de la calidad del agua. Los métodos de monitoreo de la calidad del agua más frecuentes incluyen los ensayos fisicoquímicos y bacteriológicos, sin embargo, estos presentan algunas limitaciones, en especial en ecosistemas donde las condiciones geomorfológicas y de hidrología varían con rapidez y no permiten la evaluación de la variabilidad en el tiempo o la integración de distintos factores ambientales (Soria Reinoso, 2016). Con el fin de dar respuesta a estas restricciones se ha desarrollado una metodología de monitoreo basada en el uso de organismos vivos como indicadores de la calidad de un ecosistema (García, ET. AL, 2020).

En los años 70 en el país, comenzaron las investigaciones utilizando macroinvertebrados acuáticos por Gabriel Roldan, aunque, en esa época se utilizaban para la identificación de estos individuos, claves taxonómicas de especialistas europeos y americanos basados en las condiciones climáticas de dichos países, pero que en el territorio colombiano tuvieron poca efectividad, por las razones expuestas, ya que estos dependen de las condiciones ambientales, climáticas, entre otras. Lo que ocasionó que estos estudios se vieran reducidos, por ende una reducida fuente de información fundamentada en el uso de estos bioindicadores en la calidad del agua.

Los primeros estudios de macroinvertebrados acuáticos iniciaron en la década de 1970 para diferentes fines entre los cuales está evaluar el impacto de los distintos tipos de contaminación, residuos municipales, agrícolas, industriales e impactos de otros usos del suelo sobre cuerpos de agua superficial. Además, a lo largo de los años ha sido cada vez más utilizado este método de análisis, siendo la biología uno de sus campos más amplios; pero

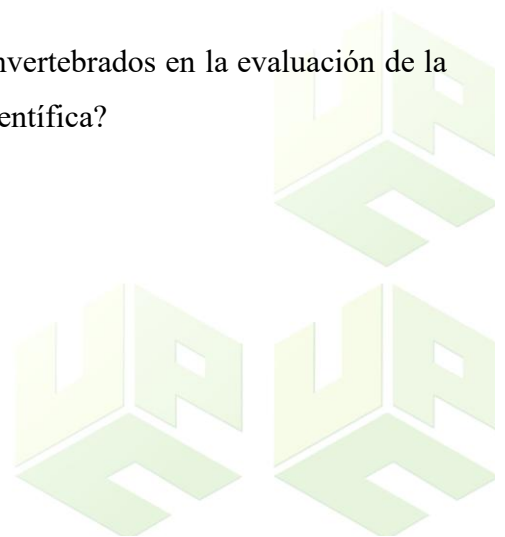
por lo contrario en la ingeniería ambiental puntualmente, pocos conocen esta alternativa de análisis y los beneficios que esta brinda (Madera, et. Al., 2016).

Así las cosas, se puede evidenciar que son pocos los estudios fundamentados en el uso de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores complementarios de la caracterización fisicoquímica de la calidad del agua, a pesar de que estos permiten realizar un análisis objetivo del cuerpo de agua ya que los macroinvertebrados son residentes históricos en un ecosistema acuático de la zona que se pueden ver reflejados en la implementación de medidas de mitigación, corrección, compensación y prevención que lleven a la solución del problema raíz (Madera, et. Al. (2016). Por tal motivo en el país se opta por realizar otros tipos de análisis para evaluar la calidad del agua, que pueden ser más costosos como los fisicoquímicos y bacteriológicos (Madera, et. Al. (2016).

De esta manera, según Moreno (2020) se ha observado un vacío de información y desconocimiento de documentos, estudios e investigaciones que evidencien el potencial investigativo que tienen los macroinvertebrados como método alternativo, que además proporcione información con mayor exactitud sobre los cambios que se han presentado en las fuentes hídricas los últimos años y no solo en el momento que se realiza el muestreo, que le permitan a los diversos interesados la toma de decisiones con mayor exactitud y eficiencia.

1.1 Formulación de la pregunta problema

¿Cuál es la efectividad de los bioindicadores macroinvertebrados en la evaluación de la calidad de los cuerpos de agua que reporta la literatura científica?



2. JUSTIFICACIÓN

El creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas fluviales y estudiar sus cambios en el tiempo, ha estimulado en las últimas décadas el desarrollo de criterios biológicos que permitan estimar el efecto de las intervenciones humanas en ellos (Norris & Hawkins 2000). Dentro de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de los ecosistemas fluviales del mundo, destacan los macroinvertebrados ($> 500 \mu\text{m}$), debido a que presentan ventajas respecto a otros componentes de la biota acuática. Entre estas ventajas, Rosenberg & Resh (1993) destacan: (a) presencia en prácticamente todos los sistemas acuáticos continentales, lo cual posibilita realizar estudios comparativos; (b) su naturaleza sedentaria, la que permite un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones en el ambiente; (c) los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, que pueden ser realizados con equipos simples y de bajo costo, y (d) la disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos, los que han sido validados en diferentes ríos del mundo.

El uso de bioindicadores ofrece como ventaja la posibilidad de evaluar el estado ecológico en el que se encuentra un río en un momento determinado y adicionalmente observar su evolución en el tiempo. Con este fin se utilizan organismos sensibles a los cambios que en su mayoría indican la presencia de contaminantes o alteraciones en su ecosistema. La historia de la evaluación de la calidad del agua utilizando indicadores biológicos para evaluar la presencia de contaminantes se remonta a Alemania a partir de donde se han derivado distintos indicadores (Metcalf, 1989), sin embargo, la producción científica existente en el país ha sido escasa y ha presentado limitaciones en comparación con otro tipo de bioindicadores (Pérez, 2018).

El uso de los macroinvertebrados acuáticos (y muy especialmente los insectos) como indicadores de la calidad de las aguas de los ecosistemas (ríos, lagos o humedales) está generalizándose en todo el mundo. Sin embargo, se hace necesario realizar una revisión de esta tradición y de los métodos actualmente usados, así como una valoración de sus ventajas

e inconvenientes, los beneficios del uso de herramientas integradoras y no solo las características fisicoquímicas del agua para la medida de su calidad (Bonada et al., 2006).

En el presente estudio pretende realizar una revisión exhaustiva de la producción científica en el ámbito nacional, entendiendo la idea de investigación como se ha planteado acerca de los bioindicadores macroinvertebrados en la evaluación de la calidad de los cuerpos de agua, lo cual permitirá evaluar como el recurso hídrico proveniente de un determinado lugar es el resultado de los procesos ecológicos específicos; que posee cierta calidad y es disponible en cierta cantidad.

Del mismo modo, la propuesta de trabajo permitirá reafirmar la validez del uso de indicadores biológicos conjuntamente con los análisis fisicoquímicos de calidad del agua y proporcionará resultados que impulsen y deriven nuevas investigaciones en cuerpos de agua, debido a que es indispensable conservar dichos ecosistemas por los diferentes bienes y servicios ecológicos que brindan.

La información, métodos y resultados establecidos en este trabajo podrán ser usados para la continuación o comparaciones con trabajos de investigaciones del agua, bioindicadores y macroinvertebrados fundamentándose en el estado ecológico en el que se encuentra un cuerpo de agua y el análisis de su evolución en el tiempo por la presencia de organismos sensibles a los cambios que en su mayoría indican la presencia de contaminantes o alteraciones en el ecosistema.

Esta investigación tiene una relevancia científica ya que pretende evidenciar cual ha sido la producción científica en la investigación de este fenómeno, con el fin de hacer una extracción de alta rigurosidad la cual evidencie los aspectos que determinan dichos bioindicadores, de igual manera, es un estudio innovador ya que se incursionaría en este tipo de estudio secundario lo cual implica un compromiso de mayor responsabilidad y ética, amparando esta investigación en todos los autores que han escrito acerca de este tema y que merecen un reconocimiento en todos los niveles sociodemográficos; cabe resaltar que la información científica publicada es reducida ya que no se tienen en cuenta los bioindicadores



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



macroinvertebrados como fuente confiable del análisis de la calidad de agua, de hecho, existes pocas investigaciones según la búsqueda realizada con respecto a flora y fauna para proyectos ambientales a nivel regional y nacional, por consiguiente, es importante alentar este tipo de documentaciones, haciendo hincapié en la gran diversidad de Colombia y que sirva para exhortar otros proyectos en esta misma línea.





3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de los cuerpos de agua superficiales a partir de investigaciones realizadas en Colombia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Sistematizar la producción científica existente sobre bioindicadores macroinvertebrados en la calidad del agua.
2. Establecer la eficiencia de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de los cuerpos de agua superficiales que reporta la literatura científica.
3. Valorar el aporte de los indicadores macroinvertebrados en cuerpos de aguas superficiales.



4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Pachón, D., et. Al, (2021), desarrollaron la investigación titulada: Estado del arte de los estudios limnológicos que utilicen los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua y evaluación de sus planes de manejo ambiental en Colombia, para optar por el título de: Magister en Ciencias Biológicas - Manejo y conservación de la vida silvestre, en la Universidad Libre, Bogotá, Colombia. La investigación tenía por objeto divulgar y analizar el estado del arte de los estudios que existen en el país bajo esta temática. Se dividió en dos etapas, la primera etapa consistió en realizar una revisión histórica de publicaciones entre trabajos de grado y proyectos investigativos de carácter nacional disponibles en bases de datos académicas, donde se incluyeron macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua. La segunda etapa consistió en recopilar información acerca del impacto que se está generando sobre el ecosistema, siendo información valiosa para priorizar los programas ambientales y de esta manera garantizar la eficiencia de los planes de manejo propuestos. Los resultados mostraron que en Colombia con el tiempo se ha utilizado este recurso biótico como bioindicador para evaluar la calidad del agua, implementándolo en cada uno de los departamentos. Así mismo, se observó que varios estudios realizados van acompañados de recomendaciones y propuestas que contribuyen a controlar el deterioro del cuerpo hídrico, pero al analizar los planes de manejo ambiental existentes, se observa que varios de los cuerpos hídricos estudiados y clasificados con una baja calidad, que en ocasiones representa un peligro para la comunidad. Los aportes de la investigación permiten obtener un marco referencial acerca de las teorías empleadas y los métodos para relacionar los parámetros fisicoquímicos de las fuentes hídricas con los macroinvertebrados.

Zamora, H. et. Al, (2017), desarrollaron la investigación titulada: Macroinvertebrados Acuáticos Epicontinentales En Ecosistemas Lóticos Del Valle Del Patía. Revisión De Literatura Científica 1991 – 2015, para optar al título de Ingeniera Ambiental en la Universidad del Cauca, Popayán. La investigación tenía por objeto entregar una recapitulación actualizada, de la información existente sobre los Macroinvertebrados

Acuáticos Epicontinentales -MAEs-en ecosistemas lóticos (ríos y quebradas) del Valle del Patía, a investigadores y demás especialistas e interesados en el tema, enfatizando en la composición de esta comunidad biótica. El estudio se dividió en 2 fases: la PRIMERA ETAPA consistió en se acopiaron trabajos característicos, procurando cubrir con ellos un área representativa. La SEGUNDA ETAPA consistió en relacionar los estudios recopilados con diversos autores. Los resultados obtenidos determinaron que a pesar de que la oferta climática, cobertura vegetal y fisicoquímica hídrica, entre otras variables, es semejante para todos los ríos y quebradas estudiados, las diferencias que se presentan entre ellos en términos de riqueza y diversidad, en gran medida se debe al uso y manejo que ejerce la población humana en los ecosistemas de la cuenca. Los aportes directos de la investigación permiten obtener una base metodológica y teórica acerca de la importancia y el papel que juegan los invertebrados como bioindicadores de redes de calidad del agua.

Bastardo, R., et. Al, (2017), desarrolló la investigación titulada: Estado del conocimiento de los macroinvertebrados acuáticos de la isla La Española para optar por el título de ecólogo en el Instituto de Investigaciones Botánicas y Zoológicas Prof. Rafael M. Moscoso,. La investigación tenía por objeto presentar el estado del conocimiento de los macroinvertebrados acuáticos de la isla La Española, resultando la primera lista de familias que unifica información dispersa y sirve de referente para futuros trabajos sobre la biota dulceacuícola. El estudio se realizó por medio de 3 etapas: La PRIMERA ETAPA consistió en la revisión de literatura y la inspección de aproximadamente 4.300 ejemplares de una colección de referencia. En la SEGUNDA ETAPA, el autor analizó los parámetros fisicoquímicos provenientes de los diversos ejemplares. Por último, en la TERCERA ETAPA se realizó una comparación entre la respuesta del índice biótico y el índice fisicoquímico – Bacteriológico que representen el estado de afectación de la cuenca según diversos autores. Los resultados obtenidos evidenciaron Los resultados muestran una rica biota compuesta por 107 familias de macroinvertebrados acuáticos, con los insectos como mayor componente (69 familias, 64,5% de los especímenes de la colección o 86,2% si se calcula con base en las 80

familias de insectos registradas para las Antillas Mayores), seguidos por los crustáceos (27) y los moluscos (11). Hay poca información sobre anélidos y platelmintos. Los órdenes de insectos con mayor riqueza de familias fueron Diptera (17), Coleoptera (15) y Trichoptera (12). Los aportes directos de la investigación permiten evidenciar la relación de los parámetros fisicoquímicos y la cantidad de macroinvertebrados, influyendo esto en la calidad del aire, lo que permite obtener información relevante para el estudio.

Moreno, F. et. Al, (2017), desarrolló la investigación titulada: estado del arte sobre conocimiento sobre microalgas y macroinvertebrados bentónicos en el departamento del Meta, Colombia, para optar por el título de ingeniero ambiental en la Universidad Santo Tomas, Colombia. La investigación tenía por finalidad recopilar información acerca del conocimiento sobre microalgas y macroinvertebrados bentónicos en el departamento del Meta, Colombia. Se realizó por medio de 3 etapas. La PRIMERA ETAPA, consistió en recopilar la información existente en el departamento del Meta, Colombia y su posterior caracterización, en la SEGUNDA ETAPA se analizó el Panorama general sobre la problemática regional que afrontan los ecosistemas acuáticos del Meta por medio de las revisiones literarias, por último, se compararon los diversos aportes de autores relacionados. Los resultados mostraron una falta de suficiente información biológica y ecológica que permita definir con precisión la situación actual de las comunidades bentónicas y perifíticas de los ríos del Meta, lo que provoca una alta incertidumbre sobre los efectos que pueden causar sobre estos ambientes fluviales el aumento de la población humana y el incremento de las actividades económicas actuales y futuras. Los aportes directos de la investigación permiten obtener una base metodológica para la realización del proyecto de grado, debido al método empleado para relacionar las variables de parámetros fisicoquímicos con los invertebrados y la calidad del agua.

Leiva, B. (2017), desarrolló la investigación titulada: Revisión literaria del ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con parámetros fisicoquímicos en la determinación de la calidad de agua, para optar el título de ingeniero ambiental de la

Universidad Nacional. La investigación tenía por finalidad establecer la revisión literaria más actualizada entre los años 2000 y 2015 acerca del ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con parámetros fisicoquímicos en la determinación de la calidad de agua, promoviendo una base de referencia para futuras investigaciones. Se realizó por medio de 3 etapas. La PRIMERA ETAPA, consistió en recopilar la información existente acerca de los macroinvertebrados acuáticos en aguas superficiales, en la SEGUNDA ETAPA, el autor comparó espacial y temporalmente las variables biológicas (densidad, diversidad, composición y dominancia) de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentes en los documentos revisados con anterioridad. Por último, en la TERCERA ETAPA, se relacionó la variabilidad ambiental con las diferencias en la estructura de la asociación de macroinvertebrados del período 2000- 2015. En los resultados, se generó una base de datos que evidenció la relevancia del uso de macroinvertebrados y su relación con los parámetros físicos y químicos favoreciendo el desarrollo de la vida acuática; en la estructura de los bioindicadores que la calidad química del agua. Los aportes directos de la investigación ofrecen un marco teórico y metodológico referencial para la elaboración del proyecto gracias a los resultados obtenidos acerca de la calidad del agua y su relación con macroinvertebrados.

García, et, al. (2020), desarrollaron la investigación titulada: Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. Revisión corta, para optar por el título de ingeniero ambiental en la Universidad de la Andes. Este artículo presenta una revisión acerca del uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos. El objetivo es presentar investigaciones relacionadas con el biomonitoreo y el uso de distintos organismos como indicadores biológicos. Se incluyen casos de estudio de perifiton, macrófitas, macroinvertebrados bénticos y peces en distintos países. Adicionalmente se brinda una introducción al uso de distintos índices bióticos, de diversidad, biológicos (BMWP) y enfoques multivariados y funcionales.

4.2 Marco teórico

A continuación, se detalla un conjunto de teorías existentes que e relacionan con el objeto de estudio de la investigación, las cuales pondrán en contexto al lector interesado y, además, precisa la corriente de pensamiento en la que se enmarca el estudio. Se mencionarán conceptos como agua potable, y macroinvertebrados principalmente.

4.2.1 Agua potable

Según la organización mundial de la salud (OMS) la salubridad y la calidad del agua son fundamentales para el desarrollo y el bienestar humanos; proporcionar acceso a agua salubre es uno de los instrumentos más eficaces para promover la salud y reducir la pobreza; de hecho, entre las actividades de la OMS en materia de agua y saneamientos se destaca la gestión de la calidad del agua potable.

La calidad del agua se relaciona con los elementos o sustancias que se encuentran en ella, bien sean procedentes de procesos naturales o de actividades antrópicas, y su abundancia. Tanto los criterios como los estándares y objetivos de uso futuro de esta agua variarán dependiendo de si se la desea utilizar para consumo humano, para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad del ecosistema local, etc. Los límites permisibles de las diversas sustancias contenidas en el agua son normados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Existen algunos factores para determinar la calidad del agua, no solamente fisicoquímicos, sino también factores biológicos como indicadores naturales. En los cursos de agua, en condiciones normales, los microorganismos descomponedores tienden a mantener de una manera relativamente constante el nivel de concentración de las diferentes sustancias que puedan estar disueltas en el medio, este proceso se denomina autodepuración del agua, cuando la cantidad de contaminantes es excesiva, en los factores biológicos potencialmente útiles como indicadores naturales de calidad del agua pueden ser utilizados, para determinar el estado de salud ecológica de cuerpos de agua de interés.

El agua potable, definida como “adecuada para el consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”, es libre de microorganismos causantes de enfermedades (Ríos-Tobón, Agudelo-Cadavid, & Gutiérrez-Builes, 2017).

4.2.2 Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0.5mm hasta alrededor de 5.0mm, por lo que se les puede observar a simple vista. Es un hecho que la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos; por ello, los métodos de evaluación basados en dichos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace varias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua. Los países de la Unión Europea y Norte América han sido los líderes en este proceso (Gaufin, et. Al, 2002).

Los macroinvertebrados se multiplican en grandes cantidades, se pueden encontrar miles en un metro cuadrado (Gaufin, et. Al, 2002). Son parte importante en la alimentación de los peces. Los macroinvertebrados tienen muchas formas; así, las conchas son redondeadas, los escarabajos son ovalados, las lombrices son alargadas y los caracoles tienen forma de espiral (Gaufin, et. Al, 2002).

Los macroinvertebrados también se definen como aquellos invertebrados acuáticos con un tamaño superior a 500 μm , entre los que se incluyen animales como esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos, como los cangrejos, los cuales desarrollan todo su ciclo de vida en el agua (Ladrera, Rieradevall, & Prat, 2013). Es de conocimiento que los macroinvertebrados acuáticos son esenciales en los ecosistemas acuáticos por constituir el componente de biomasa animal más primordial en muchos cuerpos de agua y jugar un papel fundamental en la transferencia de energía desde los recursos basales hacia los consumidores superiores de las redes tróficas, teniendo en cuenta, que estos son

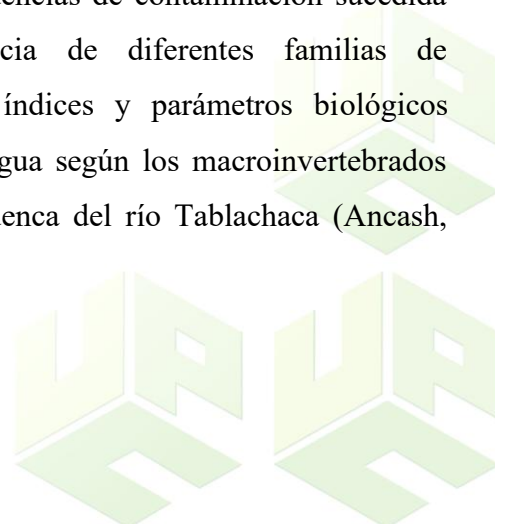
consumidores por excelencia de la materia orgánica fabricada en dichos cuerpos de agua por los organismos fotosintéticos, como algas o briófitos, y la materia orgánica procedente del ecosistema terrestre, fundamentalmente del bosque de ribera, transfiriéndola a transferir a los grandes vertebrados del ecosistema, representando la fuente primaria de alimento de éstos, por consiguiente, si esta comunidad de macroinvertebrados se ve afectada, de forma directa también afectará a animales como peces, aves acuáticas o mamíferos semiacuáticos.

En la determinación de la calidad de un cuerpo de agua superficial, efectivamente es posible emplear métodos fisicoquímicos o biológicos; pero se debe tener en cuenta que el problema de los análisis fisicoquímicos es presentado con el tipo de resultados arrojados, que resultan ser muy puntuales, en lo que no se registran actividades anteriores a las que pudo estar sometido el medio (Springer, 2010).

El uso de macroinvertebrados bentónicos constituye un método alternativo que puede ser complementario al análisis físico químico de la calidad del agua, tiene algunas ventajas sobre este último puesto que permite visualizar algún antecedente de contaminación pasada; esto quiere decir que cuando se analiza parámetros físico químicos en algún punto de monitoreo, como por ejemplo la presencia de ciertos metales, nutrientes, etc., se puede detectar algún grado de contaminación que sucede en el momento, pero si se analiza el agua mediante bioindicadores entonces podrá detectarse evidencias de contaminación sucedida con anterioridad mediante la presencia o ausencia de diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos, aplicando para esto índices y parámetros biológicos establecidos por la comunidad científica (“Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Ancash, Perú) 2014,” 2016).

Figura 1

Tipos de macroinvertebrados





Fuente: Gaufin, et. Al, 2002

Nota. El grafico representa los tipos de macroinvertebrados acuáticos. Tomado de Gaufin, et. Al, 2002

4.2.2.1 Tipos De Macroinvertebrados: Se denominan macroinvertebrados acuáticos aquellos invertebrados con un tamaño superior a 500 μm , entre los que se incluyen animales como esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos, entre los que se encuentran los cangrejos. Sin embargo, el grupo de invertebrados acuáticos más ampliamente distribuido en las aguas dulces es el de los insectos (Alfaro, et. Al, 2014). En la mayoría de éstos, los estados inmaduros (huevos y larvas) son acuáticos, mientras que los adultos suelen ser terrestres. Entre los insectos con alguna fase de su vida acuática destacan, por su abundancia y distribución, los siguientes órdenes: efemerópteros, plecópteros, odonatos, hemípteros, coleópteros, tricópteros y dípteros (Alfaro, et. Al, 2014).

- **Efemerópteros.** Las larvas de este orden son exclusivamente acuáticas y pueden vivir hasta 2 años, mientras que la vida del adulto es muy efímera, de donde se deriva su nombre, llegando a vivir pocas horas o incluso minutos. Su respiración se realiza por branquias abdominales relativamente bien desarrolladas y en su mayor parte son

detritívoros (se alimentan de materia orgánica muerta) y herbívoros (Alfaro, et. Al, 2014). A pesar de que presentan diferencias en cuanto a su tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno, un gran número de familias de este orden son buenos indicadores de la calidad del ecosistema y poseen generalmente gran sensibilidad a condiciones ácidas.} (Alfaro, et. Al, 2014).

- **Odonatos:** Los odonatos: engloban a los conocidos como libélulas y caballitos del diablo. Los adultos no se ven obligados a vivir en las inmediaciones del agua, pero las larvas son acuáticas sin excepción (Ariza, 2016). Las larvas de todas las especies de odonatos son zoófagas, atacan a diferentes animales con los que comparten territorio, como oligoquetos, efemerópteros o dípteros e incluso pueden llegar a atacar a renacuajos y alevines de peces. Con este fin depredador, el labro está transformado en un órgano prensil o máscara dentada que es desplegado bruscamente y lanzado hacia adelante para capturar las presas, que quedan atrapadas en los ganchos móviles de las piezas bucales (Ariza, 2016). Pueden vivir en una amplia variedad de hábitats, pero son más frecuentes en las zonas con poca velocidad de corriente de los cursos fluviales, como remansos o en pequeñas lagunas (Ariza, 2016).
- **Plecópteros.** Constituyen un orden con larvas exclusivamente acuáticas. El adulto presenta un vuelo torpe y suele pasar gran parte del tiempo entre las rocas, por lo que a los adultos de este grupo se les conoce con el nombre de “moscas de las piedras”. Se trata de especies que viven en el fondo de cauces de aguas frías, bien oxigenadas y libres de contaminación, por lo que son ampliamente utilizados como bioindicadores de la calidad del ecosistema acuático. Esta sensibilidad a las bajas concentraciones de oxígeno parece derivarse de la ausencia de grandes branquias, de manera que éstas pueden estar constituidas por finos filamentos en la base de las patas o incluso en el cuello. De acuerdo con su régimen alimenticio pueden ser fragmentadores de materia orgánica gruesa o depredadores (Ariza, 2016).



- **Hemípteros.** Son un grupo de insectos caracterizados por poseer un aparato bucal chupador, dentro del cual alrededor del 10% de las especies son acuáticas. Una gran parte de familias viven sobre la superficie del agua, como los conocidos zapateros, y la mayoría son depredadores, que a menudo inoculan compuestos tóxicos en sus presas a través de sus estiletes maxilares (Alfaro, et. Al, 2014). Presentan numerosas adaptaciones frente a la depredación, fundamentalmente de peces, como el hecho de vivir en la superficie del agua, el comportamiento gregario o la capacidad de saltar varios centímetros de algunas especies (Alfaro, et. Al, 2014).
- **Coleópteros.** Constituyen el mayor grupo de insectos y, quizá, el más evolucionado. Únicamente el 15% de las especies aproximadamente son acuáticas. Esta adaptación al medio acuático puede tener lugar en diferentes etapas del ciclo vital, de manera que en algunos grupos las larvas y adultos son acuáticos, mientras que en otros sólo una de las dos fases (Ruiz, 2014). Presentan un régimen alimenticio muy variado y la calidad de las aguas no suele ser un factor determinante en la distribución de muchas familias de este grupo (Ruiz, 2014).
- **Tricópteros.** Constituyen uno de los grupos de insectos más importantes de los ecosistemas acuáticos, con larvas exclusivamente acuáticas (Ruiz, 2014). Algunas especies fabrican estuches con materiales tan diversos como arena, grava o restos vegetales y en el interior de este desarrollan su ciclo larvario. Su modo de alimentación es muy variado, con especies herbívoras, detritívoras y depredadoras, y presentan en general cierta exigencia en cuanto a la calidad del agua (Ruiz, 2014).
- **Dípteros.** Este orden, también conocido como moscas verdaderas, es uno de los más ampliamente distribuidos y con mayor diversidad, en el que muchas especies presentan larvas acuáticas como los mosquitos y tábanos, entre otros. Algunas especies están adaptadas a vivir en zonas con elevadas corrientes y concentraciones de oxígeno, mientras que otras son especies oportunistas, adaptadas a vivir en ecosistemas con ciertas perturbaciones e incluso en condiciones extremas, por lo que

hay especies con requerimientos muy diferentes en cuanto a la calidad del agua, lo cual es usado frecuentemente como indicador de esta (Ruiz, 2014).

4.2.2.2 Importancia De Los Macroinvertebrados En Los Ecosistemas: Los macroinvertebrados tienen una especial importancia en los ecosistemas acuáticos al constituir el componente de biomasa animal más importante en muchos tramos de ríos y jugar un papel fundamental en la transferencia de energía desde los recursos basales hacia los consumidores superiores de las redes tróficas (Alfaro, et. Al, 2014).

Es decir, a nivel de grupo, los macroinvertebrados acuáticos van a consumir la materia orgánica fabricada en el río por los organismos fotosintéticos, como algas o briófitos, y la materia orgánica procedente del ecosistema terrestre, fundamentalmente del bosque de ribera, y la van a transferir a los grandes vertebrados del ecosistema, representando la principal fuente de alimento de éstos, de manera que la alteración de la comunidad de macroinvertebrados de los ecosistemas fluviales va a afectar directamente a animales como peces, aves acuáticas o mamíferos semiacuáticos (Alfaro, et. Al, 2014). Como ejemplo, podemos destacar especies tan emblemáticas como la trucha, el desmán ibérico o el mirlo acuático, cuyas dietas se componen mayoritariamente de larvas de efemerópteros, plecópteros y tricópteros, los cuales, como hemos comentado anteriormente, requieren buenas condiciones de calidad del agua para vivir, por lo que una determinada alteración que empeore la calidad del agua o las condiciones de hábitat requeridas por estas especies de macroinvertebrados, va a provocar un claro descenso de la población de los vertebrados comentados (Alfaro, et. Al, 2014).

4.2.3 Bioindicación

Esta técnica consiste en la utilización de organismos vivos, ya sean animales o vegetales, para medir y controlar la contaminación de un entorno determinado. Los indicadores biológicos reaccionan de una manera concreta ante ciertos agentes contaminantes, o el nivel de estrés generado en el ecosistema, y se convierten en unos libros de información en los que los científicos leen el tipo de contaminante y el grado de toxicidad,

de tal manera que pueden permitir determinar la calidad de dicho ecosistema. Es así que la presencia o ausencia de los organismos en mayor o menor medida, ya están indicando un estado de su entorno (Ladrera, Rieradevall, & Prat, 2013)

4.2.4 BMWP (Método) Para Colombia (BMWP/COL)

Se reconoce como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como indicadores. La implementación del método solamente requiere la caracterización biológica de los organismos a nivel de familia mediante aspectos cualitativos (presencia o ausencia) y se asigna un puntaje que va de 1 a 10 de acuerdo al nivel de tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica Roldán (2003) adoptó este método en Colombia, evaluando la calidad de las aguas epicontinentales (Gualdrón Durán, 2018).

4.2.5 Descomposición de la hojarasca

La descomposición de hojarasca es un proceso fundamental del ecosistema estrechamente vinculado a la ecología trófica en la mayoría de los ríos. En este proceso participan organismos como las bacterias, los hifomicetos acuáticos (hongos) y los invertebrados (Gessner, Chauvet, & Dobson, 1999), que proporcionan una medida integradora de la función del ecosistema, tanto en el tiempo como a través de la estructura de la comunidad. Además, la medida es aplicable en un amplio rango geográfico y requiere menos experiencia taxonómica que los métodos de evaluación tradicionales. La tasa de descomposición de la hojarasca ha sido sugerida como una métrica para evaluar la salud del ecosistema fluvial, debido a que integra la actividad de múltiples niveles tróficos y condiciones físico-químicas, además las técnicas para sus medidas están bien establecidas y estandarizadas (Gessner & Chauvet, 2002; Bärlocher, 2005; Young, Matthaei, & Townsend, 2008).

En Europa se ha desarrollado y difundido una herramienta de diagnóstico del estado ecológico de la calidad fluvial en términos funcionales. El método se basa en la descomposición de la hojarasca, y es de amplia aplicación por las agencias nacionales y

regionales, responsables de la puesta en práctica de la Directiva Marco del Agua (DMA) de la Unión Europea (European Union, 2000). Estudios en Europa (Castela, Ferreira, & Graça, 2008; Hladyz et al., 2010; Hladyz et al., 2011) y en áreas tropicales de Africa (Masese et al., 2014), Puerto Rico (Torres & Ramírez, 2014), Brasil (Cassotti et al., 2015) y en ríos altoandinos del Ecuador (Encalada et al., 2010), añaden soporte al uso del proceso de descomposición de la hojarasca, como un eficiente indicador del funcionamiento del ecosistema. También existe reciente información sobre este proceso, como herramienta de evaluación de ríos urbanos en los Estados Unidos (Cook & Hoellein, 2016).

4.2.6 Metodología prisma

Las revisiones sistemáticas son útiles en muchos aspectos críticos, ya que pueden proporcionar una síntesis del estado del conocimiento en un área determinada, a partir de la cual se pueden identificar futuras prioridades de investigación, abordar preguntas que de otro modo no podrían ser respondidas por estudios individuales, identificar problemas en la investigación primaria que deben ser corregidos en futuros estudios y generar o evaluar teorías sobre cómo o por qué ocurren fenómenos de interés.

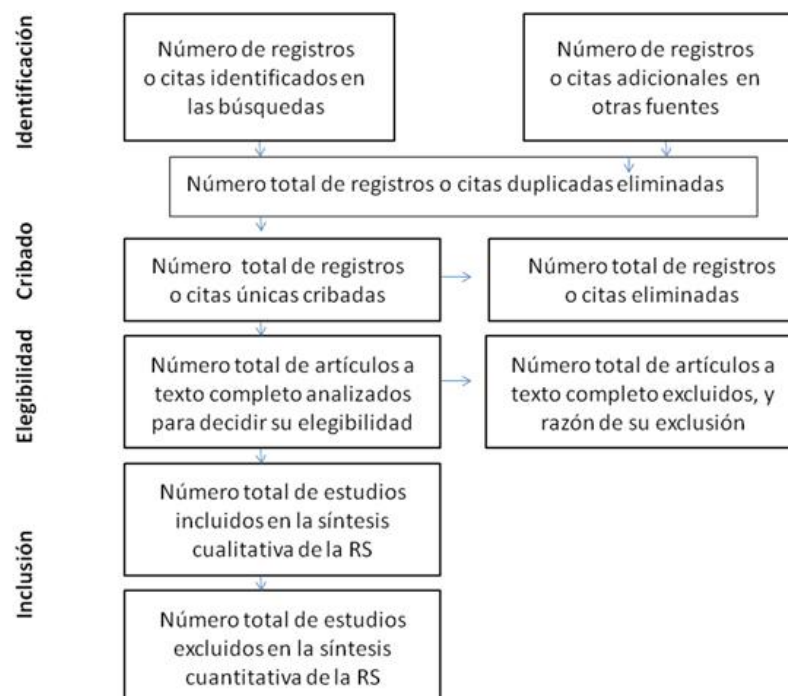
Para garantizar que una revisión sistemática sea valiosa para los usuarios, los autores deben elaborar una publicación transparente, completa y precisa en la que se describa por qué se ha realizado la revisión, qué se ha hecho (por ejemplo, cómo se han identificado y seleccionado los estudios) y qué se ha encontrado (por ejemplo, características de los estudios incluidos y los resultados de los metanálisis).

La declaración PRISMA 2020 ha sido diseñada principalmente para revisiones sistemáticas de estudios que evalúan los efectos de las intervenciones sanitarias, independientemente del diseño de los estudios incluidos. Sin embargo, los ítems de la lista de verificación son aplicables a las publicaciones de revisiones sistemáticas que evalúan otras intervenciones no relacionadas con la salud (por ejemplo, intervenciones sociales o educativas), y muchos ítems son también aplicables a revisiones sistemáticas con objetivos distintos a la evaluación de intervenciones (por ejemplo, evaluación de etiología, prevalencia

o pronóstico). La declaración PRISMA 2020 está destinada a ser utilizada en revisiones sistemáticas que incluyen síntesis (por ejemplo, metanálisis de comparaciones por pares u otros métodos de síntesis estadística) o que no incluyen síntesis (por ejemplo, porque solo se identifica un estudio elegible). Los ítems de la declaración PRISMA 2020 son relevantes para las revisiones sistemáticas de métodos mixtos (que incluyen estudios cuantitativos y cualitativos), pero también se deben consultar las guías de presentación y síntesis de datos cualitativos.

Figura 2

Metodología prisma



Fuente: Archivos Google, 2022

4.3 Marco Conceptual

A continuación, se mencionan un conjunto de términos técnicos que se emplearán en el desarrollo de la investigación con mayor frecuencia, los cuales buscan contextualizar al

lector interesado en la investigación, y describir conceptos relevantes relacionados con el estudio, así las cosas, se mencionan en orden alfabético los términos.

Agua Segura: El agua segura es aquella que por su condición y tratamiento no contiene gérmenes ni sustancias tóxicas que puedan afectar la salud de las personas (OMS, 2016).

Agua Subterránea: El agua subterránea es la que se encuentra bajo la superficie terrestre y ocupa los poros y las fisuras de las rocas más sólidas. En general, mantiene una temperatura muy similar al promedio anual en la zona, por ello, en las regiones árticas, puede helarse (OMS, 2016).

Agua Superficial: son todas aquellas quietas o corrientes en la superficie del suelo. Se trata de aguas que discurren por la superficie de las tierras emergidas (plataforma continental) y que, de forma general, proceden de las precipitaciones de cada cuenca (OMS, 2016).

Contaminante: El término de contaminantes generalmente se utiliza para referirse a compuestos de distinto origen y naturaleza química, cuya presencia en el medio ambiente no se considera significativa en términos de distribución y/o concentración, por lo que pasan inadvertidos (Gil Garzón, Soto, Usma Gutierrez, & Gutiérrez Florez, 2012).

Enfoque Biótico: Algunos organismos indicadores suelen ser específicos para algún tipo de contaminación, permitiendo la valoración del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos. De manera, que se asigna un valor numérico a los grupos de invertebrados de una muestra, en función del grado de tolerancia ante un tipo de contaminante (Gualdrón Durán, 2018).

Especie: Es una de las categorías taxonómicas más usadas, ya que se refiere a individuos con características muy semejantes y que son capaces de reproducirse entre sí, creando una descendencia fértil, por tanto, proceden de antecesores comunes

Familia: Es la categoría taxonómica que agrupa a los individuos próximos entre sí, y poseen atributos muy semejantes, cada familia puede dividirse en varios géneros. Por ejemplo, las familias de macroinvertebrados con mayor abundancia en Colombia son, Hydropsychidae, Perlidae, Corydalidae etc.

Índice De Calidad De Agua, (ICA): es un número (entre 0 y 1) que señala el grado de calidad de un cuerpo de agua, en términos del bienestar humano independiente de su uso. Este número es una agregación de las condiciones físicas, químicas y en algunos casos microbiológicas del cuerpo de agua, el cual da indicios de los problemas de contaminación (IDEAM, 2015).

Orden: Es una categoría taxonómica o unidad sistemática ubicada entre clase y familia. El orden está compuesto por familias que comparten características más fundamentales (Martínez, 2015).

Salud Pública: Es la respuesta organizada de una sociedad dirigida a promover, mantener y proteger la salud de la comunidad, y prevenir enfermedades, lesiones e incapacidad (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2015).

Saneamiento Del Agua: El saneamiento consiste en métodos y medios para recoger y eliminar las excretas (o heces) y las aguas residuales de una colectividad de manera higiénica para no poner en peligro la salud de las personas y de la comunidad en su conjunto (Banco Mundial de la Salud, 2000).

4.4. Marco Contextual

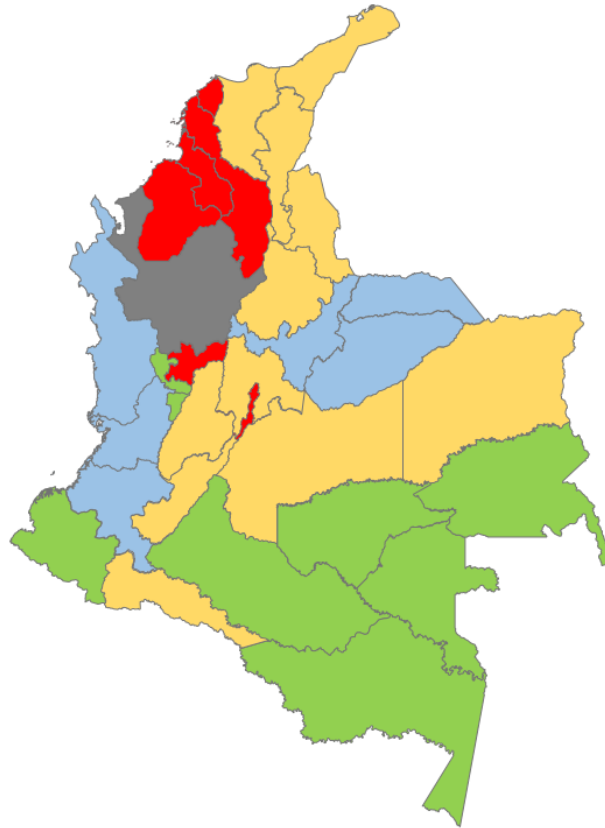
Se menciona a continuación el contexto de la investigación, con la finalidad de poner en contexto al lector el cual corresponde al espacio temporal en el que se desarrolla esta. En este caso, corresponde a investigaciones de orden nacional e internacional que han sido publicadas en el año 2010 a 2020.

El marco contextual se enmarca en el orden nacional e internacional, debido a que las investigaciones se harán en todo el país y fuera de este con artículos del año 2010 a 2020.

Las investigaciones se toman de los años respectivos con la finalidad de garantizar documentos actualizados, veraces, y con información validada, que promueva datos nuevos bajo enfoques tecnológicos, y no obsoletos.

Figura 3

Ubicación del mapa de Colombia



Fuente: Archivos Google maps, 2021

4.5 Marco Legal

A continuación, se menciona el articulado o soporte jurídico que rige la investigación basada en la normatividad colombiana. En primer lugar, se mencionan las leyes, decretos y resoluciones que abordan la temática en general y posteriormente se realiza la normatividad específica de la investigación.

En Colombia no existe una normatividad específica con respecto a la preservación de los ecosistemas en cuanto a los parámetros de Bioindicación en los cuerpos de agua, sin embargo, a continuación, se citan las siguientes legislaciones que están establecidas en país y que amparan al medio ambiente.

Tabla 1

Normatividad aplicable



NORMATIVA	DESCRIPCIÓN	APLICABILIDAD
<p>Constitución Política De Colombia Art. 79 Art-80</p>	<p>ART. 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.</p> <p>ART. 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución</p>	<p>El artículo es aplicable a la investigación, porque este establece que todas las personas tienen derecho a un ambiente sano, lo que estaría realizándose gracias al uso de macroinvertebrados que garanticen la calidad del recurso hídrico, por ende, se contribuye a un ambiente sano.</p>
<p>Ley 99 De 1993</p>	<p>Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.</p>	<p>El artículo 80 es aplicable, gracias a que este evidencia la importancia de manejar adecuadamente los recursos y evitar los impactos en los mismos, como lo es el caso del recurso hídrico</p>
<p>Ley 373 De 1997</p>	<p>Por la cual se establece el programa para el uso eficiente de agua potable.</p>	
<p>Decreto Único Reglamentario 1076 Del 26 De</p>	<p>el cual establece; Que la producción normativa ocupa un espacio central en la</p>	<p>El Decreto 1076 de 2015 fue expedido por el Presidente de la República y su objetivo es</p>

Mayo De 2015. Sector Ambiente Y Desarrollo Sostenible

implementación de políticas públicas, siendo el medio a través del cual se estructuran los instrumentos jurídicos que materializan en gran parte las decisiones del Estado. Que la racionalización y simplificación del ordenamiento jurídico es una de las principales herramientas para asegurar la eficiencia económica y social del sistema legal y para afianzar la seguridad jurídica. Que constituye una política pública gubernamental la simplificación y compilación orgánica del sistema nacional regulatorio. Que la facultad reglamentaria incluye la posibilidad de compilar normas de la misma naturaleza. Que, por tratarse de un decreto compilatorio de normas reglamentarias preexistentes, las mismas no requieren de consulta previa alguna, dado que las normas fuente cumplieron al momento de su expedición con las regulaciones vigentes sobre la materia.

compilar y racionalizar las normas de carácter reglamentario que rigen el sector Ambiente a las que debe darse cumplimiento.



Decreto 3100 De 2003	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones	Es aplicable debido que, menciona los vertimientos, los cuales contaminan los cuerpos de agua, y alteran las condiciones naturales y los microorganismos que habitan en ellos.
Decreto 1575 De 2007	Por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.	Es aplicable debido a que su finalidad es proteger la calidad del agua, y en la investigación esta se basa en el uso de bioindicadores.
Decreto 3930 De 2010	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.	Es aplicable debido que, menciona los vertimientos, los cuales contaminan los cuerpos de agua, y alteran las condiciones naturales y los microorganismos que habitan en ellos.
Decreto 1480 De 2007	Por el cual se prioriza a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuentas hidrográficas y se dictan otras disposiciones.	Es aplicable debido a que su finalidad es proteger la calidad del agua, y en la investigación esta se basa en el uso de bioindicadores.

Fuente: Constitución Política de Colombia, 1991.

5 DESARROLLO METODOLÓGICO

5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La investigación tiene como línea correspondiente **SOSTENIBILIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL** y como sublínea **GESTIÓN INTEGRAL DE LA BIODIVERSIDAD Y DEL PATRIMONIO AMBIENTAL**.

5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo descriptivo. Las investigaciones descriptivas buscan especificar propiedades, características y los rasgos importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a análisis (Arias, 2012).

5.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación fue explicativo debido a que el propósito de los estudios explicativos va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010)

5.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población de estudio se centró en todas las investigaciones desarrolladas en las distintas instituciones de educación superior de orden nacional e internacional sobre la importancia de los bioindicadores macroinvertebrados en la calidad del agua a nivel nacional publicadas en el periodo de tiempo correspondiente a los años 2010 al 2021, comprendidas como ensayos controlados aleatorios (ECA), revisiones sistemáticas, y meta-análisis, publicados en las bases de datos, Scielo, Pubmed, y Science direct, ya sea en idioma español o inglés.

5.5 MUESTRA POBLACIONAL

La muestra poblacional correspondió a las investigaciones desarrolladas en las distintas instituciones de educación superior de orden nacional e internacional sobre la importancia de los bioindicadores macroinvertebrados en la calidad del agua publicadas en el periodo de tiempo correspondiente a los años 2010 al 2021. Sin embargo, la muestra fue

tomada para las dos épocas del año: en época seca corresponderá a investigaciones con un 70% de presencia de macroinvertebrados en los cuerpos hídricos, y en época lluviosa corresponderá a investigaciones con un 85% de presencia de macroinvertebrados en los cuerpos hídricos.

5.6 DESARROLLO METODOLÓGICO

Las siguientes fases describen las actividades que permitieron alcanzar los objetivos específicos de la investigación.

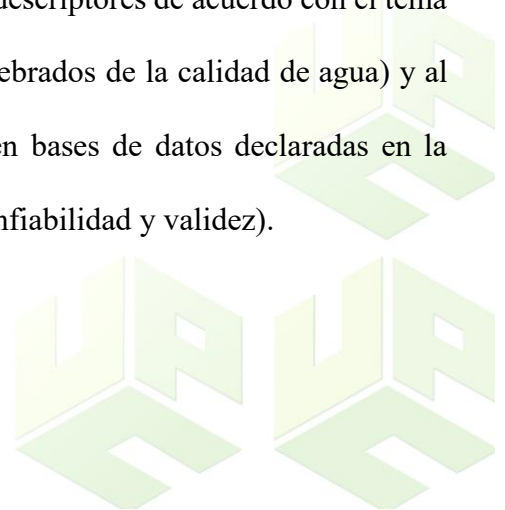
5.6.1 Sistematizar la producción científica existente sobre bioindicadores macroinvertebrados en la calidad del agua.

Actividad 1.1 Proceso de recopilación de datos.

Descripción: Búsqueda en la literatura

- **DeCS:** bioindicadores y macroinvertebrados, macroinvertebrados y evaluación de la calidad de agua, bioindicadores y calidad del agua.
- **MeSH:** bioindicators and macroinvertebrates, macroinvertebrates, and evaluation of water quality, bioindicators and water quality.
- **Operador booleano: AND**

Para la estrategia de búsqueda se clasificaron los descriptores de acuerdo con el tema objeto de estudio a evaluar (bioindicadores, macroinvertebrados de la calidad de agua) y al tipo de estudio de interés (investigaciones publicados en bases de datos declaradas en la metodología y que estén indexados en revistas de alta confiabilidad y validez).



Criterios de elegibilidad

De acuerdo con los criterios para dar respuesta a nuestra pregunta problema se realizará una selección de evidencia bibliográfica exhaustiva como publicaciones, artículos, ensayos, publicados entre el año 2010 y el mes de marzo 2021, en idioma español e inglés.

Fuentes de información

Se utilizaron las bases de datos: E-book, Scielo, Science Direct, Elsevier, Book Google, Redalyc y Pubmed

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión artículos:

- **Temporalidad:** se tomaron todos los estudios que cumplieron con los criterios de elegibilidad publicados entre los años 2010-2021 buscando abarcar una década de investigaciones sobre el tema.
- **Idioma:** estudios en español e inglés.
- **Tipos de documento:** se tuvieron en cuenta todas las investigaciones relacionados con el tema de investigación de mayor nivel de evidencia tales como ensayos controlados aleatorios (ECA), revisiones sistemáticas, y metaanálisis, hasta estudios descriptivos y tesis de grado publicados en las bases de datos publicados en las bases de datos; E-book, Scielo, Science Direct, Elsevier, Book Google, Redalyc y Pubmed

Criterios de exclusión de los artículos

- Artículos que no sean coherentes con la temática

- Estudios inferiores al año 2010
- Idiomas diferentes al español e inglés
- Estudios duplicados en distintas bases de datos a las declaradas.

La información se recopiló en la siguiente tabla:

Tabla 2

Descripción de los artículos recopilados

BIOINDICADORES MACROINVERTEBRADOS EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS CUERPOS DE AGUA						
Base de datos	Ecuación de búsqueda	Total, de artículos	Total, de artículos al aplicar filtros	Total, de artículos al aplicar criterios de inclusión y exclusión.	Total, de artículos para crítica	Total, de artículos seleccionados para el análisis.

Fuente: Autor, 2022

Actividad 1.2: Caracterizar la información más relevante bioindicadores macroinvertebrados en la calidad del agua superficial

Descripción: Se procedió a organizar las investigaciones teniendo en cuenta el tipo de investigación y base de datos, objeto de estudio y el año en que se realizó; los artículos a tener en cuenta deberán estar entre el rango de publicación comprendido entre el año 2010 y 2021, luego se realizó una lectura minuciosa de cada uno de los documentos caracterizados; se identificaron y registraron cada uno de los indicadores relevantes como la especie, el tipo de bioindicador, las cualidades de bioindicación, etc., que mostraron los avances más significativos sobre las investigaciones caracterizadas.

Los documentos caracterizados que cumplan con los criterios establecidos se adjuntaron en la siguiente tabla:

Tabla 3

Descripción de las investigaciones seleccionadas.

DESCRIPCIÓN DE LAS INVESTIGACIONES SELECCIONADAS					
Base de datos y ecuación de búsqueda	Objetivo	Metodología	Resultados de la investigación	Discusión	Recomendación
Fuente: Autor, 2022					

Actividad 1.3 Identificación del nivel de evidencia

Descripción: Una vez identificado el escenario en el que corresponde catalogar al artículo (en ocasiones, puede ser asignado a más de uno), se aplica según el tipo de diseño del estudio en cuestión; es fundamental identificar el escenario y los diseños de investigación para poder valorar la evidencia utilizando alguna de las clasificaciones existentes. Al ser seleccionados los estudios de aporte para dicha investigación se realizará un sometimiento estricto de los niveles de evidencia y grados de recomendación para cada uno de estos artículos que den cuenta de la producción científica acerca de los bioindicadores macroinvertebrados en la evaluación de la calidad de los cuerpos de agua para esto se contará con la herramienta: Clasificación de la Evidencia según Sackett; esta sistematización propuesta por el epidemiólogo David L. Sackett (la que se emplea generalmente), jerarquiza la evidencia en niveles que van del 1 a 5; siendo el nivel 1 la "mejor evidencia" y el nivel 5 la "peor, la más mala o la menos buena", según como se describe cada estudio y su nivel de complejidad las recomendaciones en pueden ser



generadas en base a estos cinco niveles de evidencia (NV) . De este modo, estudios nivel 1 conllevan a un Grado de Recomendación (GR) A: resultados apoyados por estudios; nivel 2, reciben un GR B y las recomendaciones C se asignan a los resultados apoyados por estudios nivel 3, 4 ó 5. Así, el nivel indica el grado de certeza, generado por la fuerza de la evidencia. Grado A: Las conclusiones se generan a partir de la evidencia más fuerte de la investigación y por tanto son los más definitivos. Grado B: Las conclusiones se basan en pruebas más débiles y sólo son orientativas. Grado C: Las conclusiones se basan en pruebas débiles, por lo que son las menos fiables. (Manterola D & Zavando M, 2009). A continuación, (ver tabla 3) se describen cada uno de los niveles y grado de recomendación que será aplicado a los estudios seleccionados en la búsqueda de la literatura científica.

Tabla 4

Clasificación de los niveles de evidencia según Sackett.

GRADO DE RECOMENDACIÓN	NIVEL DE EVIDENCIA	TERAPIA, PREVENCIÓN, ETIOLOGÍA Y DAÑO	PRONOSTICO	DIAGNÓSTICO	ESTUDIOS ECONÓMICOS
A	1 ^a	RS de EC con AA	RS con homogeneidad y metaanálisis de estudios de cohortes concurrentes	RS de estudios de diagnósticos nivel 1	RS de estudios económicos nivel 1
		EC con AA e intervalo de	Estudio individual de cohortes	Comparación independiente y enmascarada de	Análisis que compara los desenlaces



	1b	confianza estrecho	concurrente con seguimiento superior del 80% de la cohorte	un espectro de pacientes consecutivos, sometidos a la prueba diagnóstica y al estándar de referencia	posibles contra una medida de costos. Incluye un análisis de sensibilidad
	2 ^a	RS de estudio de cohortes	RS de estudios de cohortes históricas	RS de estudio de diagnósticos en nivel mayor que 1	RS de estudios económicos de nivel mayor que 1
B	2b	Estudio de cohortes individuales EC de baja calidad	Estudio individual de cohortes históricas	Comparación independiente y enmascarada de pacientes no consecutivos, sometidos a la prueba diagnóstica y al estándar de referencia	Comparación de un número limitado de desenlaces contra una medida de costo, incluye análisis de sensibilidad
	3 ^a	RS con homogeneidad de estudios de casos y controles			



	3b	Estudio de casos y controles individuales		Estudios no consecutivos carentes de un estándar de referencia	Análisis sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad
C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y de casos y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación de un estándar de referencia	Estudio sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad
D	5	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o basada en fisiología, o en investigación teórica	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o basada en fisiología, o en investigación teórica	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o basada en fisiología, o en investigación teórica	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o basada en investigación económica

AA: Asignación aleatoria.

Fuente: Autor, 2021

5. 6.2 Fase 2. Establecer la eficiencia de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de los cuerpos de agua superficiales que reporta la literatura científica.

Actividad 2.1: Analizar los índices biológicos y parámetros fisicoquímicos en la literatura caracterizada

Descripción: Se analizaron en las literaturas caracterizadas la descomposición de hojarasca que representan índices biológicos, así como los parámetros fisicoquímicos como pH, turbidez, color, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos y sólidos suspendidos totales entre otros, relacionándolos con la presencia de macroinvertebrados y el impacto de estos en el ecosistema acuático.

Actividad 2.2: Realizar diagnóstico de la literatura científica de los bioindicadores macroinvertebrados en las bases de datos.

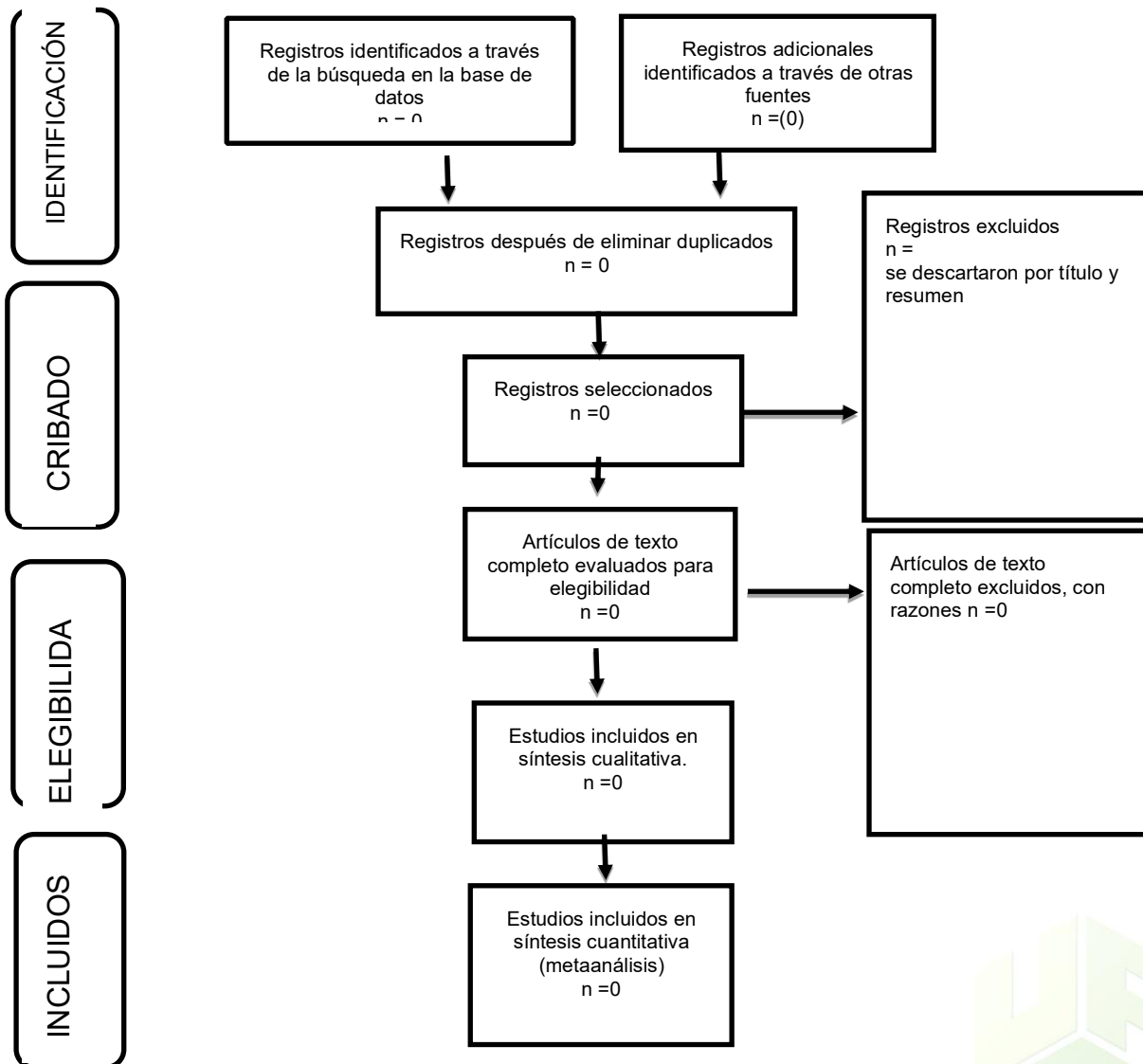
Descripción: Se llevó a cabo el análisis de los resultados reportados por cada uno de los autores en sus respectivas investigaciones resaltando los componentes principales y los porcentajes conceptuales identificados en los parámetros que conlleven a las investigaciones de los bioindicadores macroinvertebrados. Los resultados fueron registrados en una matriz de resultados de las características según la metodología PRISMA.

-Diagrama de flujo declarado según el protocolo de PRISMA

Son todos los registros o las citas identificados en las búsquedas realizadas en cada una de las diferentes bases de datos u otras fuentes utilizadas, así mismo continua por el número total de registros o citas únicas una vez eliminados los duplicados y termina con los estudios individuales incluidos. en la síntesis cualitativa y cuantitativa, prisma también establece la diferencia en cada etapa del proceso entre los registros o las referencias bibliográficas, resultado de aplicar las estrategias de búsqueda electrónica en las bases bibliográficas, los artículos a texto completo, artículos que deben obtenerse a texto completo para decidir con seguridad acerca de su elegibilidad o no y los estudios individuales que son aquellos que cumplen los criterios de elegibilidad de la revisión y que pueden corresponderse con una o más publicaciones o artículos.(Urrutia & Bonfill, 2010). Seguidamente se describe el diagrama.

Figura 4

Diagrama de flujo prisma



fuelle: Urrútia & Bonfill, 2012

5.6.3 Valorar el aporte de los indicadores macroinvertebrados en cuerpos de aguas superficiales.

Actividad 3.1: Comparar parámetros fisicoquímicos e índices biológicos de aguas superficiales con presencia de macroinvertebrados y otro tipo de indicadores según la literatura



Descripción: Se analizaron los resultados finales de cada artículo seleccionado con relación a los bioindicadores macroinvertebrados y se tuvo en cuenta principalmente los parámetros fisicoquímicos e índices biológicos identificados en la actividad anterior.

Posteriormente, se realizó una revisión bibliográfica de las ventajas y desventajas del uso de indicadores como la ETP. De esta forma, se realizó un análisis comparativo entre estos parámetros identificando los principales aportes y beneficios de la presencia de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua.

6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la elaboración del diseño experimental se realizará con la finalidad de determinar si existe diferencias significativas entre los distintos métodos de determinación de la calidad de agua en Colombia, para esto, se empleará un diseño de bloque al azar.

El diseño en bloques al azar es el más común en la experimentación y se utiliza cuando las unidades experimentales pueden agruparse de una forma sustancialmente lógica. El objeto del agrupamiento en bloques es tener las unidades experimentales de forma tan uniforme como sea posible, de manera que las diferencias observadas sean fundamentalmente debidas a los tratamientos. (Fernandez, Trapero, & Domínguez, 2010)

El modelo lineal para un diseño en bloques al azar viene dado por la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo,

Y_{ij} = una observación del tratamiento i en el bloque j

μ = la media general del experimento

α_i = el efecto de los tratamientos

β_j = el efecto de los bloques

ε_{ij} = el efecto del error





El análisis de la varianza de un diseño de este tipo se efectúa de forma similar al de un diseño completamente al azar añadiéndole una fuente de variación nueva, la de los bloques.

Tabla 5

Cuadro análisis de varianza (ANOVA) para el diseño de bloques al azar

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadros	Cuadrado medio	F. calculada	F. tablas
Tratamiento	t - 1	$SCT = \frac{\sum_{j=1}^t T_j^2}{r} - C$	$CMT = \frac{SCT}{t - 1}$	$\frac{CMT}{CME}$	Este valor se obtiene de tablas, utilizando grados de libertad del tratamiento y del error, así como el nivel de confianza a utilizar
Bloques	r - 1	$SCB = \frac{\sum_{i=1}^r B_i^2}{t} - C$	$CMB = \frac{SCB}{r - 1}$	$\frac{CMB}{CME}$	
Error Experimental	(t-1)(r-1)	$SCE = SC_{total} - SCB - SCT$	$CME = \frac{SCE}{(r - 1)(t - 1)}$		
Total	(t r - 1)	$SC_{total} = \sum y^2 - C$			

Fuente: Gutierrez, 2015



7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1 Sistematizar la producción científica existente sobre bioindicadores macroinvertebrados en la calidad del agua.

7.1.1 Proceso de recopilación de datos.

Para dar respuesta a la primera actividad planteada correspondiente a la recopilación de datos se realizó una búsqueda de la literatura en diversos buscadores por medio del uso de palabras claves relacionadas con la investigación. La tabla a continuación permite evidenciar los buscadores y las palabras claves empleadas:

Tabla 6

Buscadores empleados

Buscadores empleados	Tipos de documentos aceptados	Vocabulario controlado	Palabra clave usada
E-book, Scielo, Science Direct, Elsevier, Book Google, Redalyc y Pubmed	investigaciones relacionados con el tema de investigación de mayor nivel de evidencia tales como ensayos controlados aleatorios (ECA), revisiones sistemáticas, y metaanálisis, hasta tesis de grado publicados	DeCS	bioindicadores y macroinvertebrados, macroinvertebrados y evaluación de la calidad de agua, bioindicadores y calidad del agua.
		MeSH	bioindicators and macroinvertebrates, macroinvertebrates, and evaluation of water quality, bioindicators and water quality



Se clasificaron los descriptores de acuerdo con el tema objeto de estudio a evaluar (bioindicadores, macroinvertebrados de la calidad de agua) y al tipo de estudio de interés (investigaciones publicadas en bases de datos declaradas en la metodología y que estén indexados en revistas de alta confiabilidad y validez).

Fuente: Autores, 2022

Una vez definidos los buscadores, palabras claves y tipos de documentos a consultar, se realizó la búsqueda en estos, recopilando el total de información en las diferentes plataformas.

Tabla 7

Número de documentos recopilados por buscadores

BIOINDICADORES MACROINVERTEBRADOS EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS CUERPOS DE AGUA

Base de datos	Ecuación de búsqueda	Total, de artículos	Total, de artículos aplicados al filtro	Total, de artículos aplicados al criterio	Total, de artículos seleccionados para el análisis.



	s de inclusió n y exclusió n.				
Bioindicadores y macroinvertebra dos	0	0	0	0	0
Macroinvertebra dos y evaluación de la calidad de agua	0	0	0	0	0
Bioindicadores y calidad del agua	0	0	0	0	0
Pubmed Bioindicators and macroinvertebra tes	4	2	1	1	1
Macroinvertebra tes and evaluation of water quality	215	136	28	4	4
Bioindicators and water quality	1	0	0	0	0



Scielo	Bioindicadores y macroinvertebra dos	29	14	3	3	3
	Macroinvertebra dos y evaluación de la calidad de agua	16	12	0	0	0
	Bioindicadores y calidad del agua.	35	16	0	0	0
	Bioindicators and macroinvertebra tes	51	18	0	0	0
	Bioindicators and water quality	91	32	0	0	0
Science Direct	Bioindicadores y macroinvertebra dos	3	1	1	1	1
	Macroinvertebra dos y evaluación de la calidad de agua	3	1	0	0	0



	Bioindicadores y calidad del agua.	12	3	0	0	0
	Bioindicators and macroinvertebra tes	942	28	1	1	1
	Macroinvertebra tes and evaluation of water quality	5.256	23	0	0	0
	Bioindicators and water quality	7.847	12	1	1	1
	Bioindicadores y macroinvertebra dos	362	9	1	1	1
Redalyc	Macroinvertebra dos y evaluación de la calidad de agua	243.617	13	0	0	0
	Bioindicadores y calidad del agua.	188.333	134	1	1	1
	Bioindicators and	147	21	0	0	0



	macroinvertebra					
	tes					
	Macroinvertebra					
	tes and	147	9	0	0	0
	evaluation of					
	water quality					
	Bioindicadores					
	and water	62,932	8	0	0	0
	quality.					
	Bioindicadores					
	y	5.640	322	24	2	2
	macroinvertebra					
	dos					
	Bioindicadores					
	and water	65.600	5	0	0	0
	quality					
GOOGLE	Bioindicadores					
ACADEMI	and	18.000	11	1	1	1
CO	macroinvertebra					
	tes					
	Bioindicadores					
	y	3	1	1	1	1
	macroinvertebra					
	dos					
	Macroinvertebra	7.610	7	0	0	0
	dos y					



evaluación de la calidad de agua					
Macroinvertebra tes and evaluation of water quality	74.200	6	1	1	1
Bioindicadores and water quality	65.600	23	1	1	1
TOTAL	503,345,6 17	878	64	18	18

Fuente: Autores, 2022

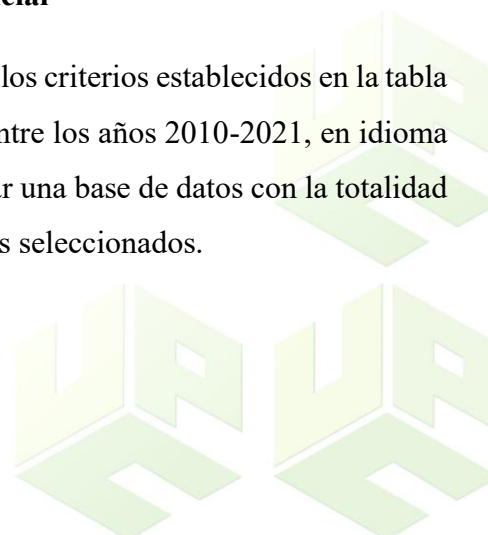
La tabla anterior evidencia la totalidad de documentos encontrados en los distintos buscadores, de acuerdo con las variables de interés. Se recopilaron un total de 503.345.617 artículos, ensayos, tesis, etc. en las plataformas relacionados con el uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua.

7.1.2: Caracterización de la información más relevante bioindicadores macroinvertebrados en la calidad del agua superficial

Se realizó la búsqueda de documentos conforme a los criterios establecidos en la tabla anterior, incluyendo dentro de estas las investigaciones entre los años 2010-2021, en idioma inglés y español. La tabla a continuación permite recopilar una base de datos con la totalidad de investigaciones halladas que cumplieran con los criterios seleccionados.

Tabla 8

Investigaciones recopiladas



CARCATERIZACION DE LA INFORMACIÓN

N	Base de datos Y ecuación de búsqueda	Título, autores y año	Objetivo	Metodología	Resultados	Referencia s
1	<p style="text-align: center;">PUBMED Bioindicators and macroinvertebrate s</p>	<p>Application of the Lake Biotic Index (LBI) in the ecological characterization of a North Patagonian Lake in Chile. eiva G, Fuentes N, Zelada S, Ríos-Henríquez C. Octubre2019</p>	<p>El objetivo de este estudio fue determinar la condición ecológica del lago Rupanco, utilizando el Índice Biótico del Lago (LBI) y variables fisicoquímicas del subsistema bentónico y su respuesta al cambio estacional.</p>	<p>Diseño experimental, Se realizaron dos campañas de muestreo durante 2013, la primera en abril (otoño) y la segunda en noviembre (primavera). Se muestrearon seis estaciones durante cada campaña: LRC1, LRC2, LRC3, LRC4, LRC5 y LRSUBVI ubicadas en todo el lago.</p>	<p>Los resultados indicaron una condición oligo-eubiótica para este lago dada la alta concentración de oxígeno y el bajo contenido de materia orgánica en los sedimentos. además del bajo potencial biogénico y la buena conservación de taxones tanto en los estudios de otoño como en primavera.</p>	<p>Leiva, G., Fuentes, N., Zelada, S. y Ríos-Henríquez, C. (2019).</p>



**PUBMED
Macroinvertebrate
s and evaluation of
water quality**

Monitoring and evaluar la calidad Se utilizaron datos Los resultados Aazami, J.,
assessment of ecológica del agua medidos sobre mostraron que las Esmaili-
water health en las regiones elementos bióticos condiciones Sari, A.,
quality in the Tajan occidentales, pero (peces y ecológicas y la Abdoli, A.,
River, Iran using apenas se han macroinvertebrado calidad del agua se Sohrabi,
physicochemical, utilizado en el s) y abióticos (28 redujeron desde H., & Van
fish and contexto iraní. parámetros aguas arriba hasta den Brink,
macroinvertebrate fisicoquímicos y de aguas abajo. La P. J. (2015).
s indices.Jaber hábitat) para reducción de la
Aazami 1, Abbas calcular seis calidad del agua
Esmaili-Sari 1, índices de fue revelada por
Asghar Abdoli 2, evaluación de la los índices bióticos
Hormoz Sohrabi 3, calidad del agua y mejor que los
Paul J Van den el impacto de las abióticos que
Brink 4. Abril actividades estaban vinculados
2015 humanas en el río a una variedad de
Tajan, Irán. escalas ecológicas
de calidad del
agua.

Scielo.	Boyacá,	Reportar	las	Las	muestras	Fueron colectados	Pérez, J. H.,
Bioindicadores y	Colombia.ohan	condiciones	de	fueron	colectadas	979 insectos	Martínez-

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

<p>macroinvertebrados</p>	<p>Hernán Pérez² *, Liceth Carollay Martínez- Romero³, Lizeth Tatinana Castellanos- Guerrero⁴ , Angela Rocio Mora- Parada⁵ , Zulma Edelmira Rocha- Gil⁶ . Junio 2020</p>	<p>calidad de agua, en las represas La Playa (Tuta) y La Copa (Toca) del departamento de Boyacá, utilizando macroinvertebrado s acuáticos y aspectos físicoquímicos.</p>	<p>utilizando red pertencientes a Surber en nueve puntos estratégicos de las represas durante los meses de junio-agosto del 2018.</p>	<p>El comportamiento de cubrimiento de los puntos muestreados de los 20 inicialmente previstos, para los dos muestreos realizados (noviembre 2013 y</p>	<p>Romero, E. C., Castellanos -Guerrero, L. T., Mora- Parada, A. & Rocha-Gil, Z. E. (2020).</p>
<p>SciELO. Bioindicadores y macroinvertebrados</p>	<p>Calidad de las aguas del río Ariguanabo según índices físicoquímicos y bioindicadores. Barbara Liz Miravet Sánchez,I Alberto Enrique García Rivero,II</p>	<p>Determinar la calidad de las aguas del río Ariguanabo según índices físicoquímicos y bioindicadores</p>	<p>Se aplicó la metodología propuesta por el Órgano del Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas (Gutiérrez y García 2014)</p>	<p>El comportamiento de cubrimiento de los puntos muestreados de los 20 inicialmente previstos, para los dos muestreos realizados (noviembre 2013 y</p>	<p>Miravet Sánchez, B. L., García Rivero, A. E., López Del Castillo, P., Alayón García, G., & Salinas</p>

Pedro López Del
Castillo, III Giraldo
Alayón García, IV
Eduardo Salinas
Chávez, II

julio 2015), se utilizó una embarcación pequeña que permitió ir muestreando toda la vegetación asociada con las márgenes del río.

**SciELO.
Bioindicadores y
macroinvertebrados**

Calidad De Agua Y Composición De Macroinvertebrados Acuáticos En La Subcuenca Alta Del Río Chinchiná. evaluar la composición de macroinvertebrado s y la calidad de agua en zonas de ríos provistas de vegetación ribereña nativa y exótica y zonas sin vegetación fueron muestreadas las quebradas: Para la recolección de los macroinvertebrado s se utilizó la Red Surber, y se hicieron tres repeticiones por sustrato (hojarasca, roca y sedimento fino). las ribereña y sin vegetación. cuatro Los resultados de este estudio indican que existen diferencias significativas en cuanto a riqueza de macroinvertebrados entre las estaciones con vegetación ribereña y sin vegetación. cuatro

**SCIENCE
DIRECT.
Bioindicadores y
macroinvertebrados**

Análisis ecológico de la calidad del agua de la cuenca del río Guayas (Ecuador) en base a índices de macroinvertebrados s

Los objetivos de este estudio fueron (1) evaluar la calidad ecológica del agua con base en índices de macroinvertebrados y (2) determinar las principales variables ambientales que afectan estos índices de macroinvertebrados s.

Se recolectaron datos biológicos y fisicoquímicos para analizar la calidad del agua. Dos índices bióticos fueron calculados para evaluar la calidad del agua con un enfoque ecológico: el Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico de Colombia (BMWP-Col) y el Índice Milimétrico de Arroyos Neotropicales (NLSMI).

Ambos índices dieron resultados de evaluación y pueden considerarse valiosos para respaldar la gestión local del agua. Un análisis de correspondencia (CA) aplicado a ambos índices sugirió que la velocidad del flujo, la concentración de clorofila, la conductividad, el

Rosado, Á. Y., Yanez, Á. B. Y., Zambrano, J. P. U., Cabezas, D. C. M., Chuez, N. M. G., & Cajas, C. C. T. (2017).

Tanto el BMWP- uso de la tierra, los
Col. lodos.

Quebrada La Evaluar de una La quebrada La Las variables Valoyes,
Popala: un análisis manera espacial Popala es la fuente fisicoquímicas, los W. Y. M.,
de calidad del agua la calidad del agua que abastece de macroinvertebrad Quintero,
desde algunas a partir del análisis agua a los os acuáticos y el O. C., &
variables fisicoquímico, microbiológico, la corregimiento indican Ramírez,
fisicoquímicas, microbiológicas y composición de la de Bolombolo en mejores N. J. A.
los comunidad Venecia, condiciones (2011)
REDALYC de
Bioindicadores y macroinvertebrado de Antioquia, ambientales en la
macroinvertebrad s acuáticos. macroinvertebrado Colombia. En estación 2, ubicada
os s acuáticos y el noviembre 14 y 28 a unos 150 m del
índice biótico de 2009, se nacimiento de la
BMWP ubicaron cuatro quebrada
modificado para estaciones de (estación 1),
Antioquia muestreo, donde se mientras que la
aplicaron y estación 4,
analizaron establecida cerca
variables de la



fisicoquímicas,
indicadores
biológicos,
variables
microbiológicas.

desembocadura al
río Cauca,

**GOOGLE
ACADEMICO.
Bioindicadores y
macroinvertebrados**

Aplicación De
Índices De
Calidad De Agua
En Un Arroyo
Pampeano
Utilizando
Macroinvertebrados
Bentónicos
Como
Bioindicadores
(Guauguaychú,
Entre Ríos,
Argentina)

El objetivo
principal de este
trabajo fue aplicar
y comparar índices
de calidad de agua
en el arroyo Santa
Bárbara, Guauguaychú
(Provincia de Entre
Ríos, Argentina)
basados en
macroinvertebrados
bentónicos como
bioindicadores.

Se realizaron 6
muestreos, en
donde se extrajeron
muestras de
macroinvertebrados
del bentos en
ambos márgenes y
en el centro del
cauce en cada una
de las estaciones
siguiendo a
Darrigran et al.
(2007) y Kuhlmann et al.
(2012) durante

De los muestreos
realizados, se
obtuvieron 18
muestras de
bentos de cada
una de las
estaciones con un
total de 54
muestras para el
área de estudio.
Asimismo, 6
muestras de agua
por estación con
un total de 18
muestras para el
área de estudio.

Crettaz-
Minaglia,
M. C.,
Juaréz, R.
A., Aguer,
I., Borro,
E., &
Peruzzo, R.
(2014)

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

**GOOGLE
ACADEMICO.
Bioindicadores y
macroinvertebrados**

Uso de El objetivo de este El muestreo de Durante el estudio
Macroinvertebrados estudio es macroinvertebrado se recolectaron 11 E., &
os bentónicos Comparar la s bentónicos se órdenes y 31 Mateo, S.
como calidad del agua del realizó en los meses familias las más S. (2013)
bioindicadores de Río Palacagüina de Abril y representativas
calidad del agua parte alta versus Noviembre del Gomphidae con
del río parte baja mediante 2012, entre las 7:30 32.4%,
Palacagüina, Norte la utilización de de la mañana y 3:30 Naucoridae
de Nicaragua macroinvertebrado de la tarde 23.47%,
s bentónicos como aproximadamente. Libellulidae
bioindicadores de 16.85%,
calidad de agua. Platisticidae
3.61%, Corilidae
3.01. -

Fuente: Autores, 2022

Como se evidencia en la tabla anterior, se caracterizaron 21 documentos, entre estos: artículos, tesis de pregrado y maestría, ensayos controlados, etc. de 6 buscadores empleados, que cumplían con los criterios establecidos, entre estos encontrarse en el año de publicación entre el 2010 y 2021. Los artículos revisados y plasmados en la base de datos pertenecen al orden nacional e internacional, idioma español e inglés, los cuales están relacionados con el uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en los cuerpos hídricos superficiales.

7.1.3 Identificación del nivel de evidencia

Se realizó la clasificación de los niveles de evidencia de Sackett a los artículos caracterizados, el cual se muestra a continuación:

Tabla 9

Niveles de evidencia de Sackett

Niveles de evidencia de Sackett					
Grado De Recomendación	Nivel De Evidencia	Terapia, Prevención, Etiología Y Daño	Pronostico	Diagnóstico	Estudios Económicos
C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y de casos y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación de un estándar de referencia	Estudio sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad
C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y de casos y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación de un estándar de referencia	Estudio sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad
C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y de casos y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación	Estudio sin una medida exacta de costo, con



				de un estándar de referencia	análisis de sensibilidad
C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y de casos y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación de un estándar de referencia	Estudio sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad
D	5	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o en investigación teórica	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o en investigación teórica	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o en investigación teórica	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o basada en investigación económica
C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y de casos y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación de un estándar de referencia	Estudio sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad
C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y de casos y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación de un estándar de referencia	Estudio sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad
C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y de casos y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación de un estándar de referencia	Estudio sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad

D	5	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o en investigación teórica	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o en investigación teórica	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o en investigación teórica	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o basada en investigación económica
C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación de un estándar de referencia	Estudio sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad
B	1B	Estudio de casos y controles individuales	Estudio individual de cohortes históricas	Comparación independiente y enmascarada de pacientes no consecutivos, sometidos a la prueba diagnóstica y al estándar de referencia	Comparación de un número limitado de desenlaces contra una medida de costo, incluye análisis de sensibilidad
B	1B	Estudio de casos y controles individuales	Estudio individual de cohortes históricas	Comparación independiente y enmascarada de pacientes no consecutivos, sometidos a la prueba diagnóstica y al estándar de referencia	Comparación de un número limitado de desenlaces contra una medida de costo, incluye análisis de sensibilidad



B	1B	Estudio de casos y controles individuales	Estudio individual de cohortes históricas	Comparación independiente y enmascarada de pacientes no consecutivos, sometidos a la prueba diagnóstica y al estándar de referencia	Comparación de un número limitado de desenlaces contra una medida de costo, incluye análisis de sensibilidad
C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y de casos y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación de un estándar de referencia	Estudio sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad
C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y de casos y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación de un estándar de referencia	Estudio sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad
C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y de casos y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación de un estándar de referencia	Estudio sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad
D	5	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o en investigación teórica	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o en investigación teórica	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o en investigación teórica	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, o basada en investigación económica

C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación de un estándar de referencia	Estudio sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad
C	4	Serie de casos, Estudios de cohortes y controles de mala calidad	Serie de casos, estudios de cohortes de mala calidad	Estudio de casos y controles sin la aplicación de un estándar de referencia	Estudio sin una medida exacta de costo, con análisis de sensibilidad

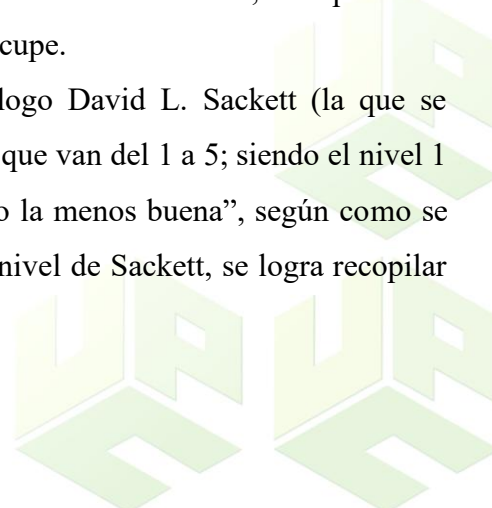
Fuente: Autores, 2022

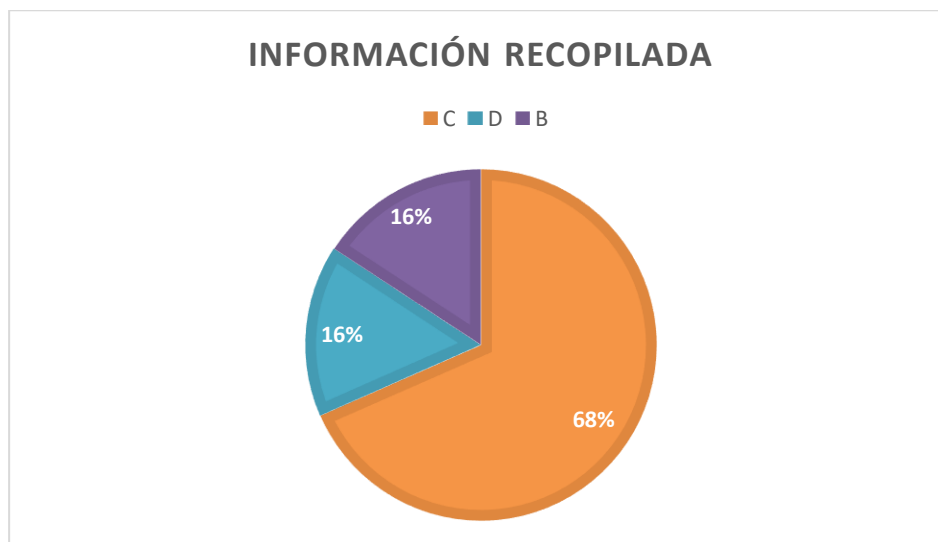
El nivel o grado de evidencia de Sackett, es un sistema jerarquizado, basado en las pruebas o estudios de investigación, que ayuda a los profesionales a valorar la fortaleza o solidez de la evidencia asociada a los resultados obtenidos (Sackett, 2000). No todos los conocimientos provenientes de los artículos científicos publicados tienen el mismo impacto o valor sobre la toma de decisiones; por ello, se hizo necesario evaluar la calidad de la evidencia. Esto es, en términos simples, el análisis de la validez de los hallazgos en virtud de la calidad metodológica de las investigaciones que los soportan, garantizándonos por una parte un acercamiento a la veracidad científica; y por otra, a que esta verdad pueda traducirse en recomendaciones que a partir de la valoración crítica de los estudios, nos permitan aplicarlas a la problemática o evento de interés que nos ocupe.

Esta sistematización propuesta por el epidemiólogo David L. Sackett (la que se emplea generalmente), jerarquiza la evidencia en niveles que van del 1 a 5; siendo el nivel 1 la “mejor evidencia” y el nivel 5 la “peor, la más mala o la menos buena”, según como se quiera leer. Conforme a los artículos seleccionados y el nivel de Sackett, se logra recopilar la información así:

Figura 5

Niveles de Sackett





Fuente: Autores, 2022

Se determinó que el 68% de la información recopilada de categoría C es de tipo 4, clasificada como moderada o regular, el 16% en categoría D, tipo 3, como buena y el 16% tipo B como buena, determinado así que la evidencia es suficiente, pero la fuerza de la evidencia es limitada por el número, la calidad o la consistencia de los estudios individuales, la generalización a la práctica rutinaria, o la naturaleza indirecta de la evidencia sobre los resultados.

7.2 Establecer la eficiencia de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de los cuerpos de agua superficiales que reporta la literatura científica.

7.2.1: Análisis de los índices biológicos y parámetros fisicoquímicos en la literatura caracterizada y diagnóstico realizado.

Se analizaron en las literaturas caracterizadas la descomposición de hojarasca que representan índices biológicos, así como los parámetros fisicoquímicos como pH, turbidez, color, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos y sólidos suspendidos totales entre otros, relacionándolos con la presencia de macroinvertebrados y el impacto de estos en el ecosistema acuático.

Tabla 10

Análisis de índices biológicos y parámetros fisicoquímicos de los artículos revisados

Artículo	pH	Turbidez	Color	Oxígeno disuelto	Sólidos suspendidos	Conclusiones
Application of the Lake Biotic Index (LBI) in the ecological characterization of a North Patagonian Lake in Chile	6,97	No reporta	No reporta	Alto contenido de oxígeno, asociado con un bajo contenido de materia orgánica para el sedimento profundo.	300 mg/L	Los resultados indicaron una condición oligo-eubiótica para este lago dada la alta concentración de oxígeno y el bajo contenido de materia orgánica en los sedimentos. además del bajo potencial biogénico y la buena conservación de taxones tanto en los estudios de otoño como en primavera
Monitoring and assessment of water health quality in the Tajan River, Iran using	6,7	90 UNT	No reporta	23,1 %	250 mg/L	Los resultados mostraron que las condiciones ecológicas y la calidad del agua se redujeron desde aguas arriba hasta aguas abajo. La reducción de la calidad

physicochemical
fish and
macroinvertebrates
indices

del agua fue revelada por los
índices bióticos mejor que los
abióticos que estaban vinculados a
una variedad de escalas ecológicas
de calidad del agua.

Calidad de las aguas
del río Ariguanabo
según índices
fisicoquímicos y
bioindicadores.

7,1	200 UNT	No reporta	18,3%	500 mg/L
-----	---------	---------------	-------	----------

El comportamiento de este índice
refleja que toda la corriente del río
se encuentra con cierto grado de
contaminación, pudiendo
distinguir cómo el agua, en los
cinco primeros puntos, a partir del
nacimiento del río se clasifica
como muy contaminada,
fundamentalmente debido valores
muy bajos de ODSAT,
provocados por un alto nivel de
estancamiento de la corriente,
crecimiento desmedido de la
vegetación acuática y una menor
actividad fotosintética, producto



Calidad De Agua Y
Composición De
Macroinvertebrados
Acuáticos En La
Subcuenca Alta Del
Río Chinchiná.

7,1 92 UNT No
reporta 86,5% 164 mg/L

del alto grado de cubrimiento del
bosque de galería.

Los resultados de este estudio indican que existen diferencias significativas en cuanto a riqueza de macroinvertebrados entre las estaciones con vegetación ribereña y sin vegetación. Con respecto a la composición, la estación 1 es la que presenta mayor número de géneros exclusivos. Se obtuvo que 26 géneros de macroinvertebrados son compartidos por las tres estaciones, 18 géneros son exclusivos para la estación 1, ocho géneros exclusivos para la 2 y en la tercera estación solamente cuatro géneros son propios

Análisis ecológico de la calidad del agua de la cuenca del río Guayas (Ecuador) en base a índices de macroinvertebrados

6,9 100NTU No
reporta 7,26% 82 mg/L

Ambos índices dieron resultados de evaluación relevantes y pueden considerarse valiosos para respaldar la gestión local del agua. Un análisis de correspondencia (CA) aplicado a ambos índices sugirió que la velocidad del flujo, la concentración de clorofila, la conductividad, el uso de la tierra, los lodos.

Quebrada La Popala: un análisis de calidad del agua desde algunas variables fisicoquímicas, microbiológicas y los macroinvertebrados acuáticos.

5,9 230NTU No
reporta 5,6% 190mg/L

Las variables fisicoquímicas, los macroinvertebrados acuáticos y el índice BMWP indican mejores condiciones ambientales en la estación 2, ubicada a unos 150 m del nacimiento de la quebrada (estación 1), mientras que la estación 4, establecida cerca de la desembocadura al río Cauca, exhibe un deterioro del agua. Las



estaciones 3 y 4 presentaron niveles altos de coliformes fecales, con un número mayor en la 4. No obstante, los resultados de las muestras tomadas de la red de distribución de agua potable del corregimiento de Bolombolo indican que el agua proveniente del acueducto presenta condiciones aptas para el consumo humano

Aplicación De Índices De Calidad De Agua En Un Arroyo Pampeano Utilizando Macroinvertebrados Bentónicos Como Bioindicadores (Gualeguaychú,

7,21

100NTU

No reporta

6,3%

218 mg/L

La aplicación de los diferentes índices combinados sugiere que el arroyo tiene una contaminación moderada y estacional posiblemente por la influencia de las actividades agrícola- ganadera. Sin embargo, la falta de coincidencia entre los índices de calidad de agua empleados sugiere



Entre Ríos (Argentina)

la necesidad de profundizar estudios con el in de establecer una línea de base en la pampa mesopotámica debido a la carencia de información taxonómica y ecológica básica para un posterior ajuste de índices de calidad de agua.

Uso de Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad del agua del río Palacagüina, Norte de Nicaragua

7,2

250 NTU

No reporta

13,4 %

260 mg/L

Durante el estudio se registraron 11 órdenes y 31 taxa; las taxas más representativas fueron Gomphidae (32.4%), Naucoridae (23.47%) y Libellulidae (16.85%). Los resultados del estudio de la calidad del agua del río Palacagüina utilizando el índice (BMWP – CR) sugiere que las aguas del Río Palacagüina están contaminadas.

Fuente: Autores, 2022

Conforme a la tabla anterior, se logró deducir que, la aplicación de los índices biológicos por macroinvertebrados en los diferentes cuerpos hídricos evaluados, permiten determinar la calidad del agua de este. Sin embargo, la falta de coincidencia entre los índices de calidad de agua empleados sugiere la necesidad de profundizar estudios con el in de establecer una línea de base debido a la carencia de información taxonómica y ecológica básica para un posterior ajuste de índices de calidad de agua. La bioindicación a través de macroinvertebrados bentónicos resulta una herramienta útil y de fácil aplicación, pero deben tenerse en cuenta las limitaciones que posee como método de estimación de la calidad del agua debido a que no se cuenta todavía con índices ajustados regionalmente adaptados a la presencia de los grupos taxonómicos locales.

Figuroa et al. 2003 afirma que el estudio de los macroinvertebrados bentónicos como organismos indicadores de calidad del agua, permite identificar si han sido afectados por cambios físicos o químicos de su hábitat, pero no indica directamente cual es la causa específica que los afecta lo cual debe ser asociado con información de hábitat físico; también cita a Bis et al. 2000; Nerbonne & Vondracek 2001, Liljaniemi et al. 2002, Lyons et al 2000, Whiles et al. 2000, Fitzpatrick et al.2001, stewart et al. 2001, Liljaniemi et al. 2002 correlacionaron de manera positiva las variables de fósforo total, temperatura, nitrito, conductividad eléctrica, demanda biológica de oxígeno y nitrógeno total; y de manera negativa oxígeno disuelto las cuales son variables asociadas a actividades agrícolas y ganaderas que generan contaminación a los cuerpos de agua; para determinar el grado de influencia del índice biológico.

Por otra parte, se decidió analizar los datos obtenidos de los valores del cálculo del índice biológico por macroinvertebrados analizados en la revisión bibliográfica según las dos épocas del año, como se sugirió en la muestra poblacional.

Tabla 11

Valores del cálculo del índice biológico según las investigaciones



Lugares de muestreo	Valor en verano	Valor invierno	Valor promedio verano-invierno
Aguas superficiales respectivas de la investigación	42	35	39
	35	53	44
	43	42	43
	49	31	40
	77	18	48
	37	53	45
	47	27	37
	25	33	29
	32	26	29
	30	28	29
	31	26	29
	25	27	26

Fuente: Adaptado por los autores, 2022

Aplicando los análisis estadísticos de correlaciones de Pearson y Spearman se obtienen diferencia significativa al 0.01 y significancia bilateral al nivel 0.05 confirmando que la calidad del agua varía a lo largo del año.

Tabla 12

Correlación de Pearson y Spearman

		Época de muestreo	Índice biológico
Época de muestreo	Correlación de Pearson	1	0,286**
Sitio de muestreo	Correlación de Spearman	0,45	-0,92*

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

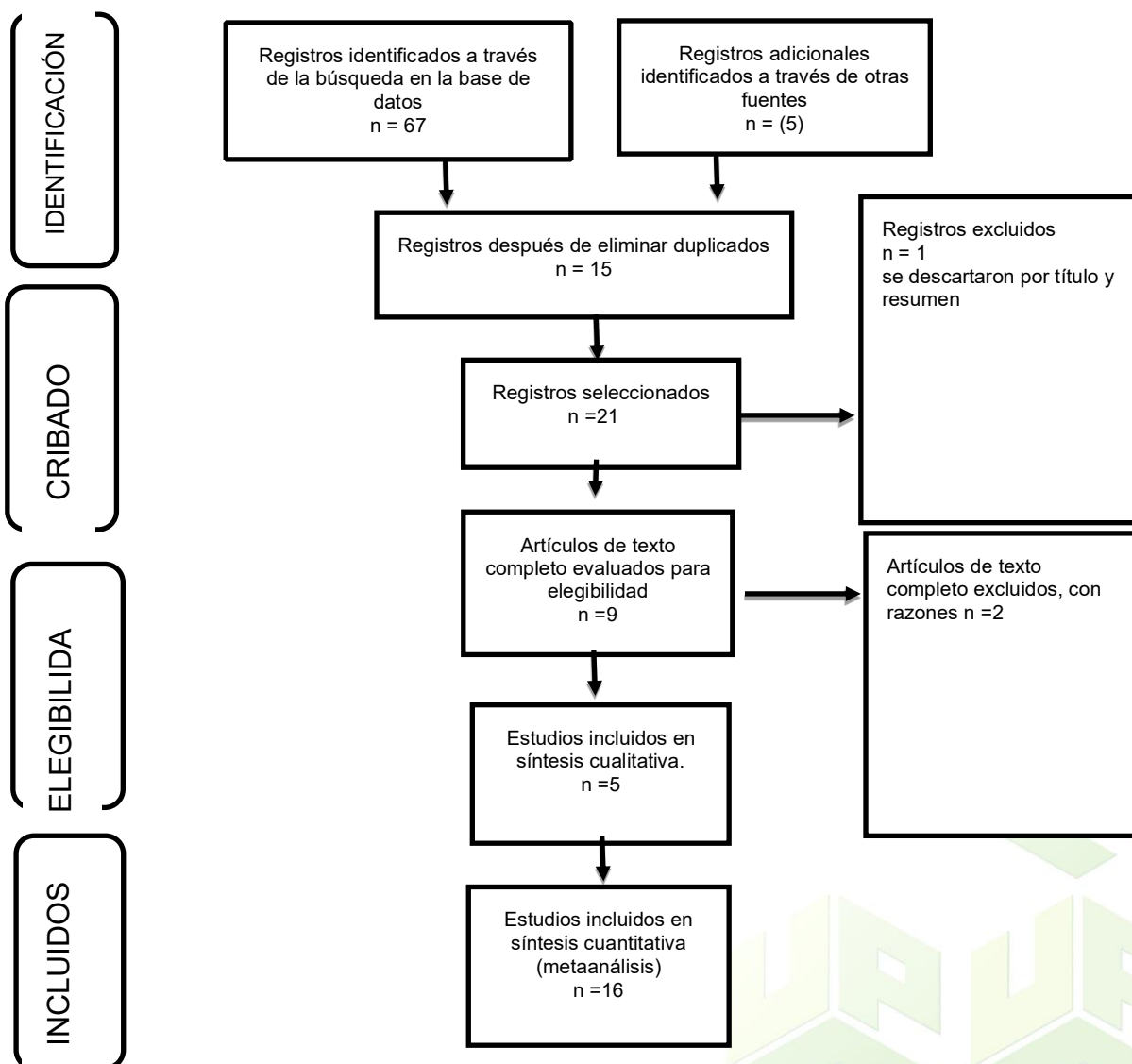
Fuente: Autores, 2022

Por otra parte, según los datos estadísticos, también existe una correlación inversa con entre los sitios de muestreo es decir que los sitios donde se realizaron los muestreos no existen las condiciones adecuadas para la colonización de macroinvertebrados ya sea por contaminación o daños físicos al ambiente donde se desarrolló el estudio.

Por último, se realizó el diagrama de flujo Prisma adjuntando todos los registros o citas identificados en las búsquedas realizadas en cada una de las diferentes bases de datos u otras fuentes utilizadas

Figura 6

Diagrama de flujo prisma



fuelle: Urrútia & Bonfill, 2012

7.3 Valoración del aporte de los indicadores macroinvertebrados en cuerpos de aguas superficiales.

7.3.1: Comparación parámetros fisicoquímicos e índices biológicos de aguas superficiales con presencia de macroinvertebrados y el índice EPT

Se analizaron los resultados finales de cada artículo seleccionado con relación a los bioindicadores macroinvertebrados y se tuvo en cuenta principalmente los parámetros fisicoquímicos e índices biológicos identificados en la actividad anterior y se compararon con los resultados de la revisión bibliográfica acerca del índice EPT, con la finalidad de conocer la efectividad de los dos en aguas superficiales.

Tabla 13

Comparación de los índices de calidad del agua según la bibliografía reportada

Índices evaluados / artículo evaluado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Macroinvertebrados	14	23	18	17	19	20	22	18	19	21
BMWP	28	29	31	29	28	29	31	29	30	31
ASTP	2,9	2,9	3,0	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,1
ICA sp	34,5	53,1	60,7	61,2	62,1	36,4	31,2	59,1	60,8	68,9

Fuente: Adaptado por los autores, 2022

La tabla anterior muestra una comparación entre diferentes índices bióticos. En sentido general los índices reflejan que todos los puntos muestreados presentan aguas con cierto grado de contaminación. Sin embargo, al calcular el índice biótico EPT para cada artículo revisado, la calidad del agua es regular con puntajes entre 28 y 31, en el caso del índice BMWP mostró aguas altamente contaminadas, con valores entre 13 y 23, siendo los macroinvertebrados altamente sensibles a los cambios del medio.

Para el caso de la descomposición de la hojarasca, se analizaron según la bibliografía estudiada que, el porcentaje de biomasa perdida de la hojarasca de acuerdo con

el índice BMWP, presentó una mayor correlación con las concentraciones del contenido celular ($r = -0,98$), la relación lignina/nitrógeno ($r = 0,94$), la celulosa ($r = 0,91$) y el Nt ($R = -0,84$). En cuanto a la hojarasca proveniente del índice EPT se observó una dependencia significativa y negativa con las concentraciones de la FND y la hemicelulosa; mientras que se relacionó de forma positiva con las de N-FND y la relación lignina/nitrógeno. Para esto se realizó el análisis estadístico de los datos obtenidos.

Tabla 14

Correlación de la degradación de la biomasa según los índices biológicos

Parámetro	Índice BMWP	Índice EPT
Nitrógeno total	-0,85**	-0,27
Lignina	0,50**	0,84**
Celulosa	0,91**	0,31
Hemicelulosa	-0,01	-0,70**
	*P<0,05	**P<0,01

Fuente: Autores, 2022

Al tomar en consideración las mayores correlaciones, se determinó la variación que experimentaron estos indicadores durante el proceso de descomposición de la hojarasca.

En la hojarasca la concentración de lignina mostró ajustes significativos al modelo lineal, lo que indica que a medida que ocurrió el proceso de descomposición aumentó la concentración de ambos indicadores.

Adicionalmente, se realizó el análisis de ANOVA para determinar la diferencia significativa entre los dos tipos de índices usados para conocer la calidad del agua en aguas superficiales.

Tabla 15

Análisis ANOVA

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	F tabulada	
				CALCULADA	0,05	0,01



Tratamiento	3	2,252	746	0,983		
Bloque	9	16,324	1836,66	2,41*	2,91	4,6
Error	27	20,435	737,96		2,21	3,11
Total	39	39,144				

Fuente: Autor, 2022

Como se observa, dado que F calculada $2,41 > 2,21$ rechazamos H_0 y concluimos que los tratamientos difieren en sus medias. Por ende, los índices biológicos BMWP y EPT representan diferencias significativas ente ellos, con un nivel de significancia $p=0.05$. Según los análisis, los índices BMWP y EPT se pueden utilizar simultáneamente para evaluar la calidad de agua, ya que el EPT mide la riqueza de Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, y el BMWP se basa en la presencia y ausencia de familias. Estos resultados son apoyados por autores como Fernández et al. (2000), Fernández et al. (2002), Álvarez y Pérez (2007), Barrionuevo et al. (2007). Adicionalmente Alba-Tercedor (1996) sugiere que aunque con el índice BMWP es posible obtener puntuaciones para comparar situaciones entre estaciones, este índice no permite emitir juicios sobre la situación de la calidad del agua.



8. CONCLUSIONES

Para dar respuesta a la primera actividad planteada correspondiente a la recopilación de datos se realizó una búsqueda de la literatura en diversos buscadores por medio del uso de palabras claves relacionadas con la investigación. Se recopilaron un total de 503.345.617 artículos, ensayos, tesis, etc. en las plataformas relacionados con el uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. se caracterizaron 21 documentos, entre estos: artículos, tesis de pregrado y maestría, ensayos controlados, etc. de 6 buscadores empleados, que cumplían con los criterios establecidos, entre estos encontrarse en el año de publicación entre el 2010 y 2021. Los artículos revisados y plasmados en la base de datos pertenecen al orden nacional e internacional, idioma español e inglés, los cuales están relacionados con el uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en los cuerpos hídricos superficiales. Se determinó que el 68% de la información recopilada de categoría C es de tipo 4, clasificada como moderada o regular, el 16% en categoría D, tipo 3, como buena y el 16% tipo B como buena, determinado así que la evidencia es suficiente, pero la fuerza de la evidencia es limitada por el número, la calidad o la consistencia de los estudios individuales, la generalización a la práctica rutinaria, o la naturaleza indirecta de la evidencia sobre los resultados.

En cuanto al segundo objetivo se analizaron en las literaturas caracterizadas la descomposición de hojarasca que representan índices biológicos, así como los parámetros fisicoquímicos como pH, turbidez, color, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos y sólidos suspendidos totales entre otros, relacionándolos con la presencia de macroinvertebrados y el impacto de estos en el ecosistema acuático. se logró deducir que, la aplicación de los índices biológicos por macroinvertebrados en los diferentes cuerpos hídricos evaluados, permiten determinar la calidad del agua de este. Sin embargo, la falta de coincidencia entre los índices de calidad de agua empleados sugiere la necesidad de profundizar estudios con el in de establecer una línea de base debido a la carencia de información taxonómica y ecológica básica para un posterior ajuste de índices de calidad de agua. La bioindicación a través de

macroinvertebrados bentónicos resulta una herramienta útil y de fácil aplicación, pero deben tenerse en cuenta las limitaciones que posee como método de estimación de la calidad del agua debido a que no se cuenta todavía con índices ajustados regionalmente adaptados a la presencia de los grupos taxonómicos locales. Por otra parte, según los datos estadísticos, también existe una correlación inversa con entre los sitios de muestreo es decir que los sitios donde se realizaron los muestreos no existen las condiciones adecuadas para la colonización de macroinvertebrados ya sea por contaminación o daños físicos al ambiente donde se desarrolló el estudio. Por último, se realizó el diagrama de flujo Prisma adjuntando todos los registros o citas identificados en las búsquedas realizadas en cada una de las diferentes bases de datos u otras fuentes utilizadas

En cuanto al objetivo número tres, se analizaron los resultados finales de cada artículo seleccionado con relación a los bioindicadores macroinvertebrados y se tuvo en cuenta principalmente los parámetros fisicoquímicos e índices biológicos identificados en la actividad anterior y se compararon con los resultados de la revisión bibliográfica acerca del índice EPT, con la finalidad de conocer la efectividad de los dos en aguas superficiales. Se analizaron los resultados finales de cada artículo seleccionado con relación a los bioindicadores macroinvertebrados y se tuvo en cuenta principalmente los parámetros fisicoquímicos e índices biológicos identificados en la actividad anterior y se compararon con los resultados de la revisión bibliográfica acerca del índice EPT, con la finalidad de conocer la efectividad de los dos en aguas superficiales. Según los análisis, los índices BMWP y EPT se pueden utilizar simultáneamente para evaluar la calidad de agua, ya que el EPT mide la riqueza de Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, y el BMWP se basa en la presencia y ausencia de familias. Estos resultados son apoyados por autores como Fernández et al. (2000), Fernández et al. (2002), Álvarez y Pérez (2007), Barrionuevo et al. (2007). Adicionalmente Alba-Tercedor (1996) sugiere que aunque con el índice BMWP es posible obtener puntuaciones para comparar situaciones entre estaciones, este índice no permite emitir juicios sobre la situación de la calidad del agua.



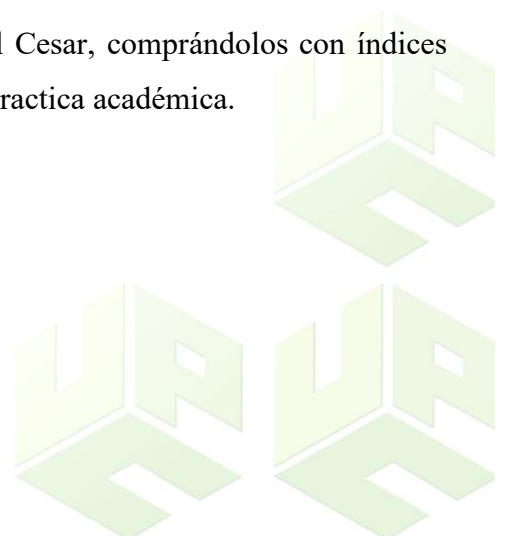
9. RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar las revisiones bibliográficas de los índices bióticos que incluyan índices como el ASTP, ICA, de manera que pueda lograrse una revisión integral del aporte de estos en comparación con otros índices como el EPT.

La falta de coincidencia entre los índices de calidad de agua empleados sugiere la necesidad de profundizar estudios con el in de establecer una línea de base debido a la carencia de información taxonómica y ecológica básica para un posterior ajuste de índices de calidad de agua. La bioindicación a través de macroinvertebrados bentónicos resulta una herramienta útil y de fácil aplicación, pero deben tenerse en cuenta las limitaciones que posee como método de estimación de la calidad del agua debido a que no se cuenta todavía con índices ajustados regionalmente adaptados a la presencia de los grupos taxonómicos locales.

Se recomienda implementar software de análisis de datos e información cualitativa como ATLAS., QSR Nvivo, DATAVIV' (Le Sphinx), QDA Miner, AQUAD, que permitan un mejor análisis de la información bibliográfica obtenida, así como los datos estadísticos provenientes de los resultados de cada documento revisado, logrando una objetividad ideal para la interpretación de la información.

Se recomienda ampliar investigaciones acerca del uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en los ríos del Cesar, comprándolos con índices bióticos y evaluando su efectividad por medio de la practica académica.



10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *CHAPARRO, J. (2012). ISO 9001 Calidad en empresas de ingeniería y arquitectura. *Colombia: Bogotá. Ed. Icontec Internacional.*
- *de Excelencia, E. E. (2016). Nueva ISO 9001: 2015. *Obtenido de [https://www. Nueva-Iso-9001-2015. Com/2016/07/Iso-9001-2015-Establecer-Unapolitica-Calidad](https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2016/07/Iso-9001-2015-Establecer-Unapolitica-Calidad).*
- *Fernández, E. C. R. (2012). Gaia: de la ecología clásica a la ecología profunda. *Revista Colombiana de Bioética*, 7(1), 34–51.
- *García, J., Sarmiento, L., Salvador, M., & Porras, L. (2017). Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. *Universidad La Gran Colombia*.
<https://doi.org/10.18634/UGCJ.23V.0I.659>
- *Giacometti, J. C. (2019). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico, Serie Zoológica*, 6(2).
- *Gil Garzón, M., Soto, A., Usma Gutierrez, J., & Gutiérrez Florez, O. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*.
- *González A, N., Sánchez Mateo, S., & Mairena Valdivia, Á. (2014). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua del trópico húmedo en las microcuencas de los alrededores de Bluefields, RAAS. *Wani*.
<https://doi.org/10.5377/wani.v68i0.1354>
- *González, E., & Roldán, G. (2019). Biological Monitoring of Water Quality in the Americas. *Water Quality in the Americas*, 37.
- *Gualdrón Durán, L. E. (2018). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinámica Ambiental*.
<https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>
- *Guirao Goris, S. J. A. (2015). Utilidad y tipos de revisión de literatura. *Ene*, 9(2), 0.

- *Ladrera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (2013). Macroinvertebrados Acuáticos Como Indicadores Biológicos: Una Herramienta Didáctica. *Revista de Didáctica 11*.
- *Lovelock, J. (2007). *La venganza de la tierra: la teoría de Gaia y el futuro de la humanidad*. Planeta Barcelona.
- *Machi, L. A., & McEvoy, B. . (2009). Step one: Select a topic. In *The literature review: Six steps to success*.
- *Madera, L. C., Angulo, L. C., Díaz, 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. *Informacion Tecnologica*. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000400011>
- *Mangadze, T., Dalu, T., & Froneman, P. W. (2019). Biological monitoring in southern Africa: a review of the current status, challenges and future prospects. *Science of the Total Environment*, 648, 1492–1499.
- *Muñoz-Riveaux, S., Naranjo-López, C., Garcés-González, G., Lazo, D. D. G., Musle-Cordero, Y., & Rodríguez-Montoya, L. (2003). Evaluación de la calidad del agua utilizando los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 9(2), 147–153.
- *No, D. O., Congreso, E. L., Principios, T. I. D. E. L. O. S., Eticos, V., Acto, D. E. L., Enfermeria, D. E. C. D. E., ... Enfermer, D. E. C. D. E. (2004). Articles-105034_Archivo_Pdf (1), 2004(45).
- *Nuñez, J. C., & Frago-Castilla, P. J. (2019). Uso de Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación del Agua de la Ciénaga Mata de Palma (Colombia). *Información Tecnológica*, 30(5), 319–330.
- *Perić, M. S., Kepčija, R. M., Miliša, M., Gottstein, S., Lajtner, J., Dragun, Z., ... Erk, M. (2018). Benthos-drift relationships as proxies for the detection of the most suitable bioindicator taxa in flowing waters—a pilot-study within a Mediterranean karst river. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 163, 125–135.



- *Reidl-Martínez, L. M. (2012). Marco conceptual en el proceso de investigación. *Investigación En Educación Médica*, 1(3), 146–151.
- *Reinoso Aguirre, L. P. (2016). Evaluación de la calidad de agua de la microcuenca del Río Blanco de la Provincia de Chimborazo mediante macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- *Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- *Rodríguez-Martínez, R. E., van Tussenbroek, B., & Jordán-Dahlgren, E. (2016). Afluencia masiva de sargazo pelágico a la costa del Caribe Mexicano (2014-2015). *Florecimientos Algales Nocivos En México*.
- *Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- *Soria Reinoso, I. F. (2016). Evaluación de la Calidad Ecológica del río Jatunhuayco en la zona asociada a la Captación Jatunhuayco (EPMAPS) utilizando comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Quito, 2016.
- *Supo, J. (2015). *Cómo empezar una tesis*. Bioestadístico EIRL.
- Tecnológico, C. M. de S. D. de D. C. y. (1993). *Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud: resolución No. 008430 de 1993*. Ministerio de Salud.
- *Terneus, E., Hernández, K., & Racines, M. J. (2012). Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza-Ecuador. *Revista de Ciencias*, 16, 31–45.
- *Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica*, 135(11), 507–511.



*Young, S.-S., Yang, H.-N., Huang, D.-J., Liu, S.-M., Huang, Y.-H., Chiang, C.-T., & Liu, J.-W. (2014). Using benthic macroinvertebrate and fish communities as bioindicators of the Tanshui River Basin around the greater Taipei area—multivariate analysis of spatial variation related to levels of water pollution. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(7), 7116–7143.

Alfaro, V., Escobar, H. y Hernández, D. (2014). Uso y manejo del agua para el consumo humano en relación con la protección jurídica del medio ambiente (tesis de pregrado). Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5833>

Ariza, C. (2016). Determinación de la calidad de agua a través de la identificación de macroinvertebrados acuáticos en la Microcuenca Arroyo La uebrada, departamento de la Guajira, Colombia. *Scientific International Journal*, 13(2), 5-16. Recuperado de <http://www.nperci.org/C.%20Ariza-Calidad%20del%20agua-V13N2.pdf>

Caleño Ruiz, Y. (2014). Efecto de la extracción de agua sobre el procesamiento de la materia orgánica y el ensamblaje de macroinvertebrados, en la quebrada mata de los Cajuches (Tauramena-Casanare) (Tipo de tesis inédita). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Amaya-Perilla, C & Palacino-Rodríguez, F. 2012. An update list of the dragonflies (Odonata) of Meta department (Colombia) with forty six new department records. *Bulletin of American Odonatology* 11 (2): 29-38.

Amaya-Vallejo, V. & Novelo-Gutiérrez, R. 2011. The larva of *Palaemnema mutans* Calvert 1931 (Odonata: Platystictidae). *Zootaxa* 3049: 59-63.

Bohórquez, H., Reinoso, G. y Guevara, G. 2011. Seasonal size distribution of *Anacroneria* (Plecoptera: Perlidae) in an Andean tropical river. *Revista Colombiana de Entomología* 37 (2): 305-312



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



- Angrisano, E.B. & Sganga, J.V. 2009. Trichoptera. Pp. 255-307. En: Domínguez, E. & Fernández, H. (Eds). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina.
- Abril, R. G. y Parra, L.N. 2007. Macroinvertebrados acuáticos de páramo de Frontino Antioquia Colombia con énfasis en Chironomidae. Tesis Maestría Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 60 p.
- Aguirre. P, J., Rodríguez, B. J y. Rodulfo, O.T. 2012. Deriva de macroinvertebrados acuáticos en dos sitios con diferente grado de perturbación, Río Gaira, Santa Marta, Colombia. Rev. Intropica. 7 9-19. Santa Marta, Colombia

