



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA AMBIENTAL

**Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la  
identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTORES:**

Aguilar Boluarte, Bryan Daniel (0000-0002-3781-2059)

Martin Espinoza, Karen Ingrid (0000-0002-5579-4915)

**ASESOR:**

Msc. Ordoñez Sánchez, Luis Alberto (0000-0003-3860-4224)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a toda mi familia, en especial a mis padres que me forjaron con reglas y algunas libertades, pero a pesar de ello siempre me brindaron su apoyo incondicional durante todo este largo periodo y me dieron fortaleza para alcanzar mis metas y objetivos anhelados.

### **Agradecimiento**

Agradezco a los excelentes maestros que tuve durante este largo periodo de mi carrera profesional, personas con gran sabiduría que se esforzaron por transmitirme todos sus conocimientos y de esta manera desarrollarme como un gran profesional y así cumplir con mis objetivos como culminar mi carrera profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Caratula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	9
II. MARCO TEORICO .....	11
III. METODOLOGÍA .....	15
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	15
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística .....	15
3.3 Escenario de estudio.....	16
3.4 Participantes .....	16
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	16
3.6 Procedimientos .....	17
3.7 Rigor científico .....	18
3.8 Método de análisis de datos.....	18
3.9 Aspectos éticos.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
V. CONCLUSIONES.....	29
VI. RECOMENDACIONES.....	30
REFERENCIAS .....	31
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de organismos bentónicos.....	11
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos, biológicos y hematológicos.....	12
Tabla 3. Tipos de ecosistemas acuáticos.....	13
Tabla 4. Fuentes de contaminación .....	14
Tabla 5. Categorías, sub categorías y matriz de categorización apriorística.....	43
Tabla 6. Ficha de recolección de datos.....	44
Tabla 7. Tipos de bioindicadores.....	46
Tabla 8. Bioindicadores en ecosistemas de agua dulce.....	47
Tabla 9. Bioindicadores en ecosistemas de agua salada.....	48
Tabla 10. Funciones de los bioindicadores .....	49
Tabla 11. Relación de bioindicadores y los parámetros, para la identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos .....	50
Tabla 12. Bioindicadores más utilizados .....	52
Tabla 13. Investigaciones de tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos .....	54

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafica 1. Tipos de bioindicadores .....	21
Grafica 2. Bioindicadores en ecosistemas acuáticos dulces.....	22
Grafica 3. Bioindicadores en ecosistemas acuáticos saladas .....	23
Grafica 4. Funciones de los bioindicadores.....	24
Grafica 5. Relación de bioindicadores y los parámetros, para la identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos .....	25
Grafica 6. Bioindicadores más utilizados.....	26

## RESUMEN

La contaminación ambiental es uno de los efectos más negativos del desarrollo de la civilización, principalmente en países subdesarrollados. A nivel global, el dilema vinculado con la calidad de agua se debe a los efluentes mineros e industriales, así mismo en Perú este problema es debido a la relación de las principales industrias mineras y agrícolas, y la dependencia económica de las mismas. Por otro lado, los bioensayos de toxicidad en agua, son una prueba en la cual se utiliza para manifestar y medir los impactos latentes toxicológicos sobre cualquier organismo acuático. En el presente trabajo de investigación se propuso identificar los tipos de bioindicadores para identificar la calidad de los ecosistemas acuáticos. La investigación bibliográfica es del tipo narrativo y enfoque cualitativo, donde se busca describir y evaluar las investigaciones realizadas por distintos autores nacionales y extranjeros para así poder obtener resultados significativos en cuanto al estudio de tipos de bioindicadores. Como resultado se obtuvo que, para la determinación de la calidad en los ecosistemas acuáticos, la especie con mayor porcentaje de absorción de contaminantes fueron los peces y las plantas acuáticas (macrófitos). Se concluyó que el uso de bioindicadores es rentable, accesible y eficiente cuando se encuentra a la especie indicada.

**Palabras clave:** Bioindicadores, función de los bioindicadores, ecosistema acuático, agentes químicos.

## ABSTRACT

Environmental pollution is one of the most negative effects of the development of civilization, mainly in underdeveloped countries. At a global level, the dilemma related to water quality is due to mining and industrial effluents, likewise in Perú this problem is due to the relationship of the main mining and agricultural industries, and their economic dependence on them. On the other hand, bioassays of toxicity in water are a test in which it is used to manifest and measure latent toxicological impacts on any aquatic organism. In this research work, it was proposed to identify the types of bioindicators to identify the quality of aquatic ecosystems. Bibliographic research is of the narrative type and qualitative approach, which seeks to describe and evaluate the research carried out by different national and foreign authors in order to obtain significant results in terms of the study of types of bioindicators. As a result, it was obtained that, for the determination of quality in aquatic ecosystems, the species with the highest percentage of pollutant absorption were fish and aquatic plants (macrophytes). It was concluded that the use of bioindicators is profitable, accessible and efficient when the indicated species is found.

**Keywords:** Bioindicators, function of bioindicators, aquatic ecosystem, chemical agents.



## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el incesante aumento demográfico y la actividad humana, ha generado impactar la calidad de vida tanto de manera positiva como negativamente. La polución ambiental es una de los efectos más negativos del desarrollo de la civilización, principalmente en países subdesarrollados (Cervený, 2017, pp.112). A nivel global, el dilema vinculado con la calidad de agua se debe a los efluentes mineros e industriales, así mismo en Perú este problema es debido a la relación de las principales industrias (minera, agrícola, turismo) y la dependencia económica de las mismas (Villena, 2018, pp.212). Consecuentemente, según, nuestro país manifiesta una escasez significativa de agua, debido a que los diversos impactos afectan principalmente diversos medios acuáticos, de los cuales poseen diversas formas de biota importantes para el ecosistema, de no realizar decisiones claves, que ayudan al monitoreo y control de diversos puntos críticos, seguiremos con serias amenazas a la pérdida de ecosistemas y salud pública (Espinoza, 2017, pp.16). En este contexto, los métodos habituales de análisis de agua constantemente se tratan en ensayos físico-químicos y bacteriológicos, sin embargo, la variación y aumento de los contaminantes y su incesante vertimiento originan muchas limitaciones, especialmente en ecosistemas donde se presentan geomorfologías muy variadas, al igual que las condiciones hidrológicas que cambian con rapidez, y no permiten la evaluación de la variabilidad con el tiempo o la integración de distintos parámetros ambientales (Polenchonska, 2021, pp.21). Por esta razón, se busca dar soluciones a estas restricciones desarrollando una metodología de monitoreo de organismos vivos que permitan identificar la calidad de los ecosistemas acuáticos. Por otro lado, los bioensayos de toxicidad en agua; son una prueba en la cual se utiliza para manifestar y medir los impactos latentes toxicológicos sobre cualquier organismo acuático, estas pruebas además proporcionan una gran indagación de referencias que pueden ser utilizadas para la determinación de los distintos riesgos de las condiciones y los agentes químicos de exposición del organismo. En otras palabras, ayudan a detectar la concentración o dosis de un tóxico el cual provoca una respuesta en un organismo (Noor y Zutshi, 2018, pp. 14). Asimismo, el presente trabajo de investigación procura dar respuesta a la siguiente interrogante. **Problema general;** ¿Cuáles son los tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos? y de

acuerdo con los **problemas específicos** se desarrolló lo siguiente: ¿Cómo se clasifican los tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos?; ¿Qué funciones cumplen los tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos? y ¿Cómo se identifica la calidad de los ecosistemas acuáticos en los que se utilizan bioindicadores?. Posteriormente se desarrolló la **justificación de la investigación**, La presente investigación aplica la justificación práctica, que se enfocará en explicar cómo las concentraciones de diversos contaminantes comunes afectan notoriamente a cualquier especie a la que se exponga. Así el presente trabajo, permitirá mostrar que el método de uso de bioindicadores resulta efectivo para investigaciones futuras, ya que los usos de las especies expuestas no son usados comúnmente en este ámbito, por lo que se espera su promulgación e incentivo. De acuerdo a la problemática expuesta anteriormente, el **objetivo general** de esta investigación es Identificar los tipos de bioindicadores más utilizados para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos. Por ello se presentan los siguientes **Objetivos Específicos**, Clasificar los tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos; Mencionar las funciones que cumplen los tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos e Indicar como se identifica la calidad de los ecosistemas acuáticos en los que se utilizan bioindicadores.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Tipos de bioindicadores

El marco teórico y los antecedentes son revisiones de trabajos anteriores, estudios e investigaciones sobre el tema de estudio, más aún si no se es experto en el mismo, con el fin de conocer que se ha hecho hasta el presente (Alvarado et al. 2018, pp. 45). En este sentido, en la presente investigación se realizó una revisión de estudios a nivel internacional y nacional, que permitieron dar aportes respecto a los lineamientos teóricos que permiten soportar y fundamentar el desarrollo del presente estudio. A continuación, presentamos algunas definiciones: Un bioindicador se define como especie que, por su sensibilidad a las perturbaciones ambientales, pueden permitir evaluar así la calidad de un ambiente acuático,

además de sirve como variable, capaz de proporcionar información sobre la susceptibilidad y la resistencia de un sistema sobre un impacto, a la vez de como estimadores del nivel de otras especies o condiciones ambientales (Bonanno et al. 2018, pp.20). Así mismo un indicador consta de una especie vegetal, hongo o animal cuya susceptibilidad a las modificaciones, variaciones de la zona de su hábitat y el crecimiento es muy elevado por la capacidad que tienen para adquirir un comportamiento designado frente a los cambios generados en su entorno, no obstante, en estos cuerpos de agua, el uso de macroinvertebrados bentónicos, algas y peces son los de mayor uso como bioindicadores (Gonzales et al. 2014, pp.11). Por otro lado, los macroinvertebrados bentónicos son animales invertebrados que suelen habitar en sistemas de agua dulce y que son aplicados como bioindicadores. La mayoría de estas especies pertenecen a grupos de artrópodos y dentro de estos los insectos en formas larvianas, siendo así las más abundantes (Rosales et al. 2013, pp.13).

**Tabla 1.** Clasificación de organismos bentónicos

<b>ORGANISMOS</b>	<b>PROPIEDAD</b>	<b>EJEMPLOS</b>
<b>MICROBENTO</b>	< 63 $\mu\text{m}$	Bacterias y Ciliados.
<b>MEIOBENTOS</b>	= 63 y 500 $\mu\text{m}$	Nematodos, Poliquetos y Crustáceos.
<b>MACROBENTOS</b>	> 500 $\mu\text{m}$	Anélidos, Equinodermos y Peces.

*Fuente: Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos*

## 2.2 Funciones de los bioindicadores

Del mismo modo los peces son animales vertebrados acuáticos, debido a esto estas especies son mayormente aplicados para el biomonitoreo de contaminantes en diversos cuerpos de agua, debido a que son los vertebrados que acumulan elementos tóxicos, a través de la ingesta de sedimentos o alimentos contaminados (Pragnya et al. 2021, pp.34). Una de las funciones de los bioindicadores es la bioacumulación, el cual se entiende como el desarrollo de depósito de componentes químicas en organismos vivos de manera que estos alcancen concentraciones altas. En función de cada sustancia, esta acumulación puede

generarse a partir de fuentes abióticas (suelo, aire, agua), o bióticas (otros organismos vivos), (Pragnya et al. 2021, pp.56). Las principales vías de inserción de una sustancia química en una espécimen son la respiratoria, la digestiva y la tegumentaria, de esta manera los bioindicadores son aplicados para la estimación ambiental, como un sistema de seguimiento a los cambios del ambiente, tal indicador debe tener características tales como abundantes, sensibles al medio de vida, escasa movilidad, sencillos de identificar y con índices de estudios en su ecología y ciclo biológico, para la sencillez de su estudio y análisis (Sanganyado et al. 2018, pp. 42). La calidad del agua es una expresión en función al uso que se le dará. De este modo, para el uso del agua hay diversas condiciones recogidas en normas específicas que tratan tradicionalmente en las concentraciones de diversos parámetros físico-químicos:

**Tabla 2.** *Parámetros fisicoquímicos, biológicos y hematológicos del agua*

<b>FÍSICOS</b>	<b>QUÍMICOS</b>	<b>BIOLÓGICOS</b>	<b>HEMATOLOGICOS</b>
<b>TEMPERATURA, COLOR, TURBIDEZ, CONDUCTIVIDAD, OLOR.</b>	DBO, pH, DQO, saturación del oxígeno, Metales Pesados	Microorganismos, Invertebrados	Hematocrito, recuento de leucocitos,

*Fuente: Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos*

### **2.3 Ecosistemas acuáticos**

Para la calidad del agua es la aptitud que esta presenta en cuanto a su uso. Por otro lado, el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (Red ALC-CHINA), refiere a que es un término aplicado para describir las características físicas, químicas, biológicas, del agua ya sea natural o alterada (Tao Wu et al. 2021, pp.14). Por otro lado, si se habla del ecosistema, se basa como el conjunto de espécimen conexo con los factores físicos de su medio ambiente en una zona

establecida, y sugerido como una de las unidades básicas de la naturaleza (Amentaras et al. 2016, pp.13).

**Tabla 3.** Tipos de ecosistemas acuáticos

TIPOS DE ECOSISTEMAS		FORMAS		
<b>ECOSISTEMA</b>	Interiores	Lóticos  Lenticos	Río, Arroyo y Petén  Humedales Sistemas de aguas profundas	Bordo, embalse  Lago y laguna
	Costeros		Humedales Sistemas de aguas profundas	Marisma, estero, estuario
	Marinos		Arrecife	Laguna costera y bahía

**Fuente:** Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos

Las fuentes más significativas de alteración y polución de los cuerpos de agua son generadas por las acciones antropogénicas, tal como, la deforestación, vertimiento de los residuos sólidos y líquidos de origen doméstico, industrial, agrícola y minero (Torres, et al. 2017, pp.65). Estas alteraciones se pueden evidenciar de la siguiente manera:

**Tabla 4.** Fuentes de contaminación

**DIRECTO**

**INDIRECTO**

Área de Captación	Zona Ripiaría
-------------------	---------------

Destrucción del hábitat	Construcción de vías	Alteración de la
vertimientos tóxicos	Sustracción de	temperatura
manipulación de la cadena	aguas	Alteración de la
alimenticia	Polución del aire	dinámica de
		nutrientes

*Fuente: Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos*

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación:

Este estudio presentó una investigación de tipo aplicada, es llamada así debido a que sus resultados se pueden utilizar para una solución inmediata y directa de los problemas que les afecta, de tal forma que este tipo de investigación es empleada en las ciencias como la ingeniería, medicina, la agronomía, la arquitectura y la mineralogía (Salinas, P. 2010, pp.17). La investigación de tipo aplicada, puede ser llamada también, investigación empírica dado que esta busca una aplicación de los conocimientos adquiridos, y asegurar el saber para resolver una situación, o llamada investigación práctica, se identifica porque busca la aplicación de los conocimientos ya adquiridos (Vargas, 2009, pp. 23), no obstante, según (Eisenhower et al. 2018, pp.20), está enfocada básicamente a un objetivo práctico específico. Por lo tanto esta investigación es de tipo aplicada ya que, se tomó las investigaciones de varios autores sobre el estudio de tipo de Bioindicadores para la Identificación de la Calidad de Ecosistemas Acuáticos, los cuales se identificaron, compararon, y analizados, y así dieron respuesta a aquellas preguntas específicas propuestas anteriormente, finalmente se consideraron los tipos más usados, con la intención de que sean utilizados para solucionar el problema que causan los contaminantes de ecosistemas acuáticos.

#### 3.2 Diseño de investigación

En cuanto al diseño de investigación de narrativos de tópicos es una subcategoría del diseño narrativo, este recaba datos de experiencias, para analizadas y descritas, ayudan a aclarar preguntas que no están claras, esta información se obtiene de entrevistas, documentos, biografías, artículos en la prensa, e investiga

los sucesos, hechos y los resultados del proceso de investigación, donde el investigador revisa documentos como libros, registros de archivos (Moncada, 2018, pp.12).

### **3.3 Categorías, Sub Categorías y matriz de categorización apriorística**

El presente trabajo cuenta con una matriz de categorización apriorística, en la que se incluye las categorías y subcategorías (Ver anexo N ° 1).

### **3.4 Escenario de estudio**

Para la investigación se realizó una meticulosa revisión sobre los tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos, con el cual se recurrió a diferentes fuentes de información sobre el tema de estudio, puesto que, ya que se empleó el diseño narrativo de tópicos. Según las investigaciones se desarrollaron en diversos ecosistemas acuáticos las cuales presentan contaminantes, los más comunes son el plomo, zinc, cadmio, cromo. Estos ecosistemas estudiados están en distintas ciudades, así como la de ciudad de Beijing en China, Brasil, México, Colombia.

### **3.5 Participantes**

Para efectos del análisis de la información en esta investigación, se recurrió al uso de artículos científicos, estas fuentes se obtuvieron de Revistas Científicas como Scopus, Science Direct y Scielo, estas plataformas digitales, las cuales permitieron poder consultar todas las publicaciones más importantes en el mundo.

### **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1 Técnicas**

La técnica que se empleó en esta investigación es la del análisis de documentos, esta es una parte fundamental de un proceso sistemático de una investigación científica, esta técnica se realiza mediante la consulta de distintos tipos de documentos como revistas, libros, registros además de revisiones de tipo de diseños, metaanálisis, bibliográfica, revisión de evidencias y narrativas, (Rodríguez, 2013, pp.2).

### **3.5.2 Instrumentos de recolección de datos**

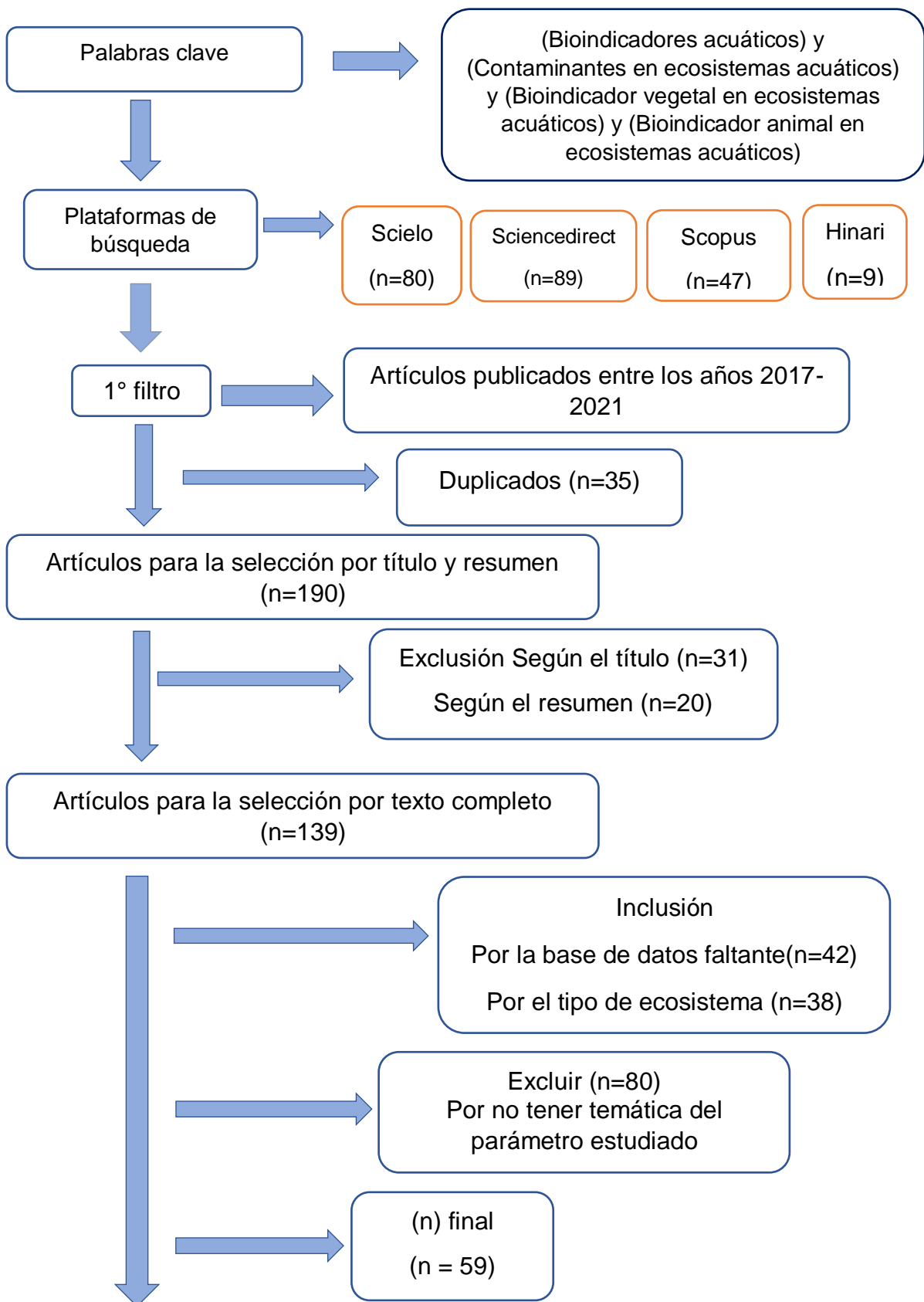
El método de recojo de datos que se debe seguir un proceso sistemático específico y definido, donde se deben citar las fuentes consultadas y como se obtuvo el acceso a ellas, donde se detalle cómo se realizó la elección de cada uno de los documentos (Orozco y Diaz, 2018, pp.71). En cuanto a la ficha de análisis de contenido (Anexo II), se usó para la recolección de datos, la cual se aplicaron a cada artículo seleccionado para esta investigación, en esta ficha se aprecia datos importantes y útiles como el autor, lugar y año de publicación, así también como la información del contenido de estos.

### **3.7 Procedimientos**

En la presente investigación, se indago 170 artículos de forma general, debidamente antes de ello se utilizaron ciertos criterios de inclusión y exclusión, de los cuales 35 artículos quedaron. La selección de estos documentos aporta la información de acuerdo con los objetivos dados, iniciando desde las palabras claves, las cuales fueron utilizadas como guía para la búsqueda de artículos referentes al tema de investigación, que se extrae desde las mencionadas bases de datos, así mismo se excluyeron, los artículos que no estaban dentro de los años 2017 al 2021, como también artículos duplicados, se buscó artículos en los cuales se enfocaron en revisar título y resumen y descartando los menos relevantes, por último los artículos por selección de texto completo y en inglés, de igual manera se tomaron en cuenta artículos que contengan información sobre datos faltantes, tipo de ecosistema y tipo de bioindicador, excluyendo los que no presentan una temática del parámetro estudiado, al cumplir con los criterios de inclusión y exclusión se llegó a extraer una información coherente, detallada y garantizada para el estudio.



## Diagrama del proceso de búsqueda de los artículos de investigación



### 3.8 Rigor científico

Durante el proceso de indagación cualitativa se ejecutó un trabajo de índole que cumpliera con el rigor de la metodología de la investigación, por lo que se utilizaron los criterios de rigor científico para así lograr la calidad de la investigación.

La credibilidad, Según, es la conformación de diferentes fuentes de datos, y la confrontación en el procedimiento y tratamiento de los datos, en la investigación cualitativa, se da un contraste sistemático de la información con audiencias colaboradoras, la cual se somete a juicio crítico de otros investigadores de las interpretaciones y observaciones realizadas (Cádiz, J. 2006, pp. 14). Por lo tanto, esta investigación, presento el criterio de credibilidad, ya que los artículos consultados son artículos que se realizaron de diferentes fuentes de datos sistemáticos los cuales se han sometido a juicio crítico con otros investigadores, al ser consultados una vez se obtuvieron sus conclusiones, además de que estos fueron extraídos de una base de datos de las revistas científicas de renombre. La conformabilidad, permite a los investigadores seguir pautas para analizar el proceso de investigaciones y ver como otro autor puedo llegar al resultado, lográndolo esto mediante la revisión de investigaciones pertinentes y con óptimos estándares de orden y claridad y así varios investigadores puedan llegar a conclusiones similares y explicar la posición de los investigadores (Castillo y Vásquez, 2003, pp.166).

Este criterio permite asegurar la calidad del proceso de investigación, como los datos hallados, interpretaciones y recomendaciones, siempre y cuando estos sean coherentes (Morse et al. 1994, pp.154). Por consiguiente, el criterio de conformabilidad, también está presente en la investigación, ya que se siguió putas para analizar cada uno de los procesos de investigación, se reanudo información de revisiones sistemáticas y llegando así a una conclusión similar y explicar la posición de cada uno de los investigadores.

El criterio de transferibilidad nos indica la capacidad de poder extender los resultados obtenidos de los estudios a diferentes poblaciones (Guba, E. y Lincoln, Y. 1982, pp. 234).

Esto permite demostrar hasta qué punto pueden llegar adecuarse los resultados con otros ámbitos y también las condiciones con las que se pueden considerar

válidos los datos. (Morse et al. 1994, pp.153). Por esta razón también se aplicó el criterio de transferibilidad, puesto que se extrajo los resultados obtenidos de otros estudios, y a la vez se demuestra cómo estos resultados se adecuan con otros del mismo ámbito. Dependencia es el criterio determina la consistencia lógica de los resultados coherentes obtenidos, siempre y cuando los investigadores no tengan relación personal, se debe evitar, las opiniones y creencias que afecten la sistematización de las interpretaciones así mismo establecer conclusiones, antes de recolectar los datos (Castillo y Vásquez, 2003, pp.164). La dependencia presenta, los procedimientos que aseguran la estabilidad, permitirán así conseguir una menor inestabilidad de los diferentes datos y llegar al objetivo de contar con los mismos resultados a partir de una información similar, mediante los diferentes métodos de recolecciones de datos (Arias, M y Giraldo, 2011, pp. 514). De manera que el criterio de dependencia permitió, contar con los mismos resultados a partir de una información similar, ya que los investigadores no tienen relación personal, ya que así se tiene una mejor estabilidad en los diferentes datos.

### **3.9 Método de análisis de información**

El análisis de información de esta investigación, se rigió en 03 criterios, para las categorías, 1) Bioindicador, 2) Funciones de los bioindicadores y 3) Identificación de la calidad y así mismo sus categorías, como se puede apreciar en la Tabla V (Matriz Apriorística). En cuanto a la primera categoría, Bioindicador, se tomaron de los artículos de investigación encontrados, donde la subcategoría muestra que se clasifican en vegetal y animal. Se analizó a partir de criterios los cuales ayudaran a agrupar la información es así que se presentan los siguientes criterios, de acuerdo a la especie y por último de acuerdo a aplicación.

En cuanto a segunda categoría, Funciones de los bioindicadores, de igual manera se tomaron de los artículos de investigación encontrados, donde la subcategoría muestra que se clasifican en absorción y acumulación. Se analizó a partir de criterios los cuales ayudaran a agrupar la información es así que se presentan los siguientes criterios, de acuerdo con la vía de entrada del contaminante y de acuerdo con la especie utilizada. En cuanto a la tercera categoría, Identificación de la calidad, donde se muestra que la subcategoría muestra que se clasificación según los parámetros fisicoquímicos y de acuerdo al tipo de ecosistema.

### **3.10 Aspectos éticos**

Esta investigación cumplió a totalidad con los estándares máximos los cuales están establecidos en el código de ética, con resolución N.º 760-2007/UCV, utilizándola con honestidad y cumpliendo con cada estándar, además de que se respetó toda información extraída de artículos de investigación, citando a los autores de acuerdo a la norma internación ISO 690, la cual nos guía al momento de citar y realizar las referencias bibliográfica, respetando así la autonomía de cada artículo consultado, además de cumplir con valores éticos como responsabilidad, compromiso y disciplina.

#### IV. RESULTADOS

De las revisiones realizadas se arribaron a los siguientes resultados:

##### **Tipos de Bioindicadores para la identificación de calidad de los ecosistemas acuáticos.**

4.1. Se determinaron 2 tipos de bioindicadores, animal y planta, de ellos se hallaron 37 especies, las cuales pertenecen a diversas familias (Figura1).

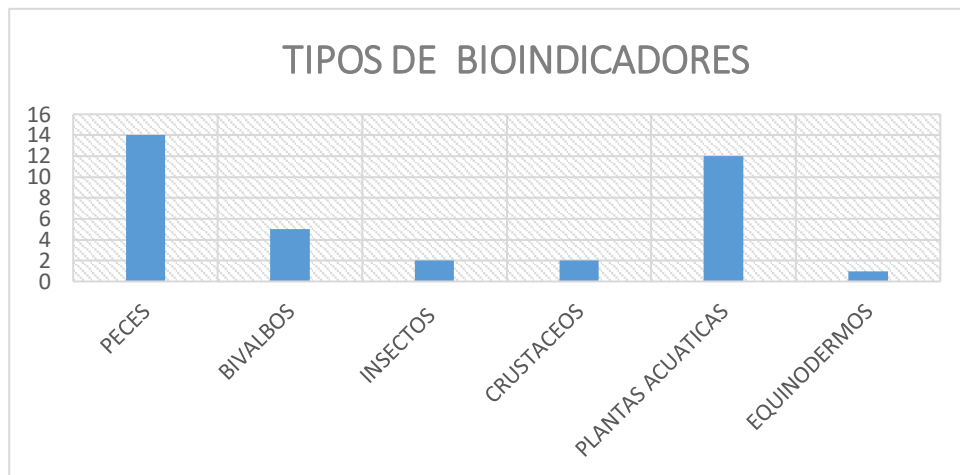


Figura 1: Tipos de bioindicadores

**Fuente:** Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos

**Interpretación:** Se representan diversas especies de bioindicadores aplicadas como bioindicadores para identificar la calidad de ecosistemas acuáticos: peces, bivalvos, insectos, crustáceos, equinodermos y plantas acuáticas. Los peces son las que muestran mejores aptitudes para identificar la calidad de ecosistemas acuáticos seguidas de las plantas.

4.2. Los bioindicadores se diferencian por aplicarse en ecosistemas acuáticos de agua dulce o salada (Figura 2).

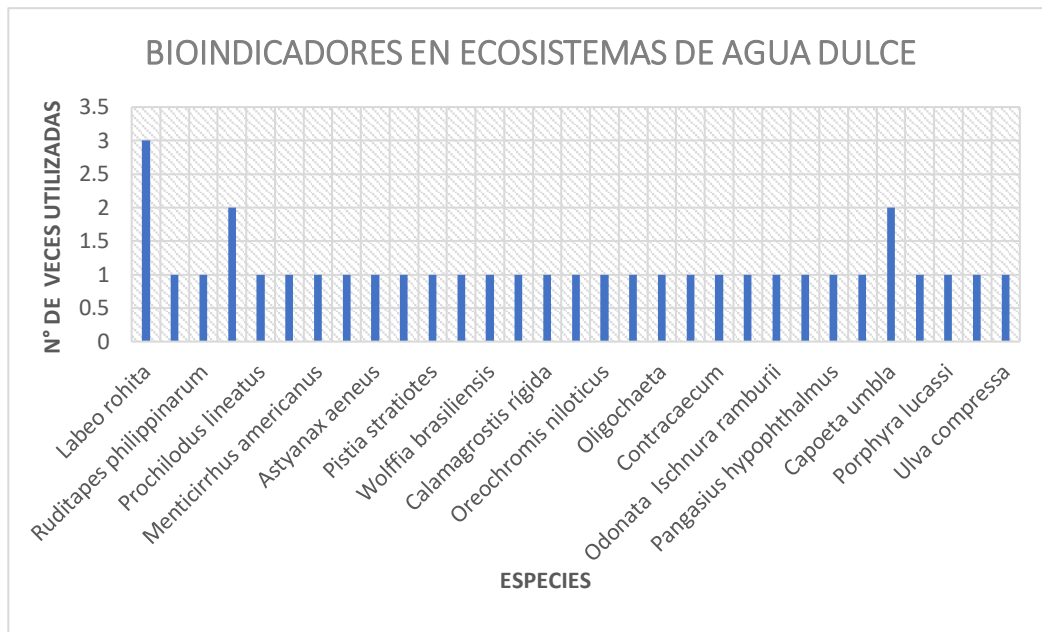


Figura 2: Tipos de bioindicadores en agua dulce

**Fuente:** Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos

**Interpretación:** Las especies utilizadas como bioindicadores se dividen por el tipo de ecosistema, en este caso, agua dulce. Teniendo como especies: *labeo rohita*, almeja (*ruditapes philippinarum*), *prochilodus lineatus*, *Menticirrhus americanus*, *astyanax aeneus*, *pistia stratiotes*, *wolffia brasiliensis*, *calamagrostis rígida*, *oreochromis niloticus*, *oligochaeta*, pez (*acestorhynchus lacustris*) / (larvas - *contraecum*), *odonata*, (*pangasius hypophthalmus*), (*capoeta umbla*), *porphyra lucassi*, *ulva compressa*. Acorde a la revisión, se obtuvo que, la especie más utilizada fue *labeo rohita* la cual se utilizó 3 veces en las investigaciones revisadas, a su vez las especies *ruditapes philippinarum* y *capoeta umbla*, se utilizaron 2 veces respectivamente. Ante esto, comprobamos su facilidad de uso, ya que la detección de ciertos contaminantes se realiza de una manera sencilla utilizando estos bioindicadores.

**4.3.** Bioindicadores utilizados en ecosistemas acuáticos de agua salada son 28 (Figura 3).

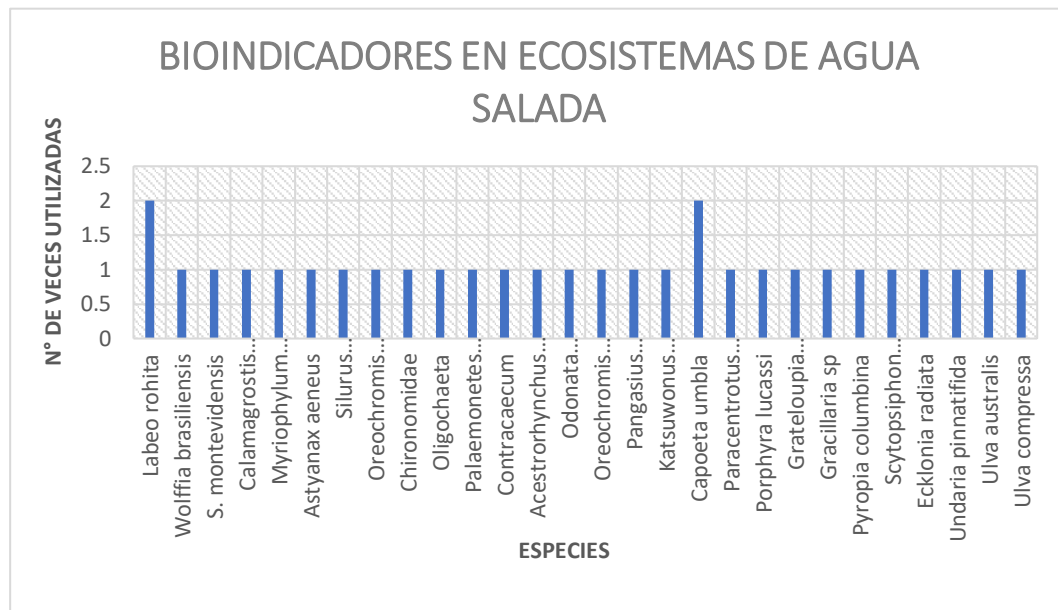


Figura 3: Tipos de bioindicadores en agua salada

**Fuente:** Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos

**Interpretación:** Las especies utilizadas como bioindicadores se dividen por el tipo de ecosistema, en este caso, agua salada. Teniendo como especies: *labeo rohita*, *wolffia brasiliensis*, *sagittaria montevidensis*, *calamagrostis rigida*, *myriophyllum quitense*, (*astyanax aeneus*), (*silurus lanzhouensis*), (*oreochromis niloticus*), dípteros (*chironomidae*), *oligochaeta*, *chironomidae*, *palaemonetes argentinus*, *capoeta umbla*, *paracentrotus lividus*, *porphyra lucassi* (alga roja), *grateloupia turuturu* (alga roja), *gracillaria sp.* (alga roja), *pyropia columbina*, *scytosiphon lomentaria*, *ecklonia radiata*, *undaria pinnatifida*, *ulva australis*, *ulva compressa*. Se observa que las especies más utilizadas fueron *labeo rohita* y *capoeta umbla*, utilizadas dos veces en las investigaciones revisadas.

### **Funciones de los bioindicadores para la identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos**

**4.4.** Se identificó el uso de bioindicadores y las diversas funciones aplicadas (anexo VI), las cuales son, absorción, acumulación, monitoreo y exposición “in vivo” para la evaluación de roturas de hebra de ADN (Figura 4).

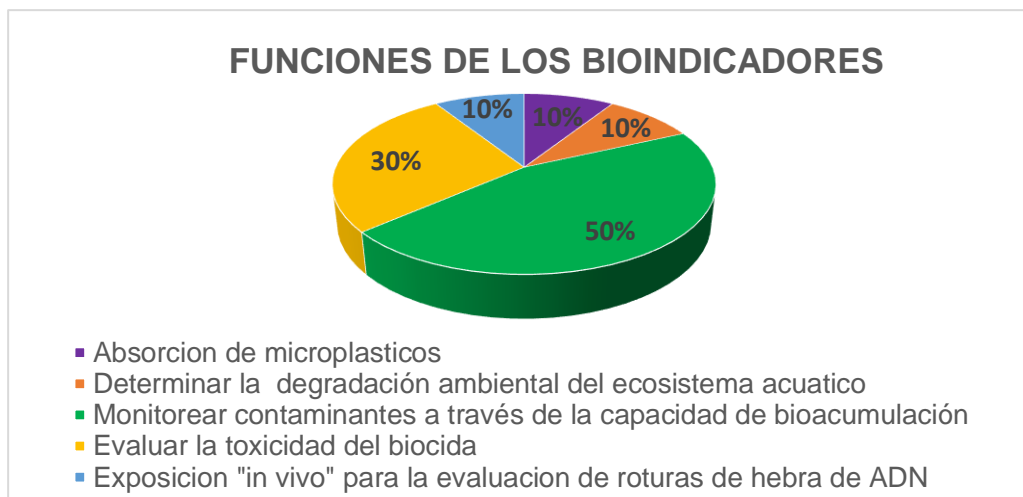


Figura 4: Funciones de los bioindicadores

**Fuente:** Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos

**Interpretación:** Las funciones más frecuentes son el monitoreo de contaminantes a través de la capacidad de bioacumulación y evaluación de la toxicidad de los contaminantes (porcentaje de muerte) llegando a representar un 50 % y 30 % respectivamente de todas las investigaciones recopiladas.

**Identificar la calidad de los ecosistemas acuáticos mediante el uso de bioindicadores.**

4.5. Según la clasificación de los métodos de identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos, los parámetros de bioindicadores son el hematológico, biológico y el fisicoquímico.

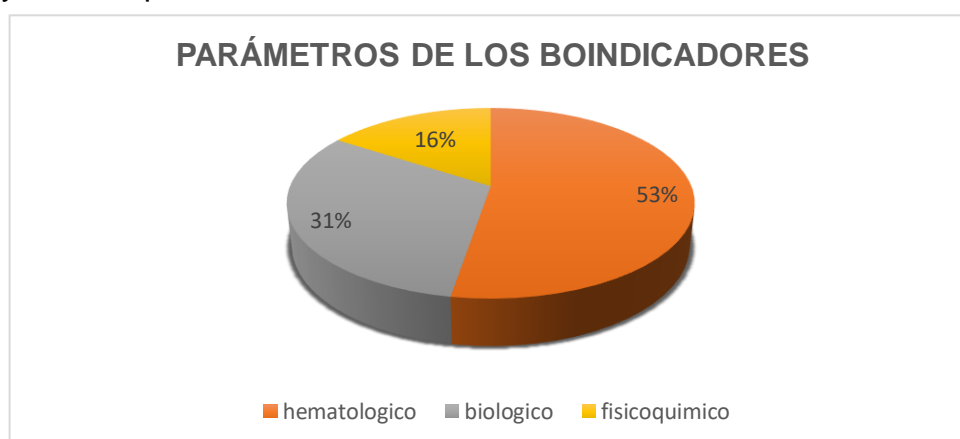


Figura 5: Parámetros de los bioindicadores

**Fuente:** Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos



**Interpretación:** Las técnicas de identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos va a depender de diversos parámetros, tales como; biológico, hematológico y fisicoquímico, con estos factores mencionados se logrará obtener un mayor análisis y un resultado confiable. Se tiene que el parámetro menos utilizado fue el fisicoquímico (16%), consecuentemente el biológico (31%) y el más utilizado para determinar contaminantes en los bioindicadores fue el hematológico (53%).

### Identificar los bioindicadores más utilizados en la identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos

4.6. Se determinaron 3 especies de bioindicadores: peces, bivalvos y plantas acuáticas (Figura 6)

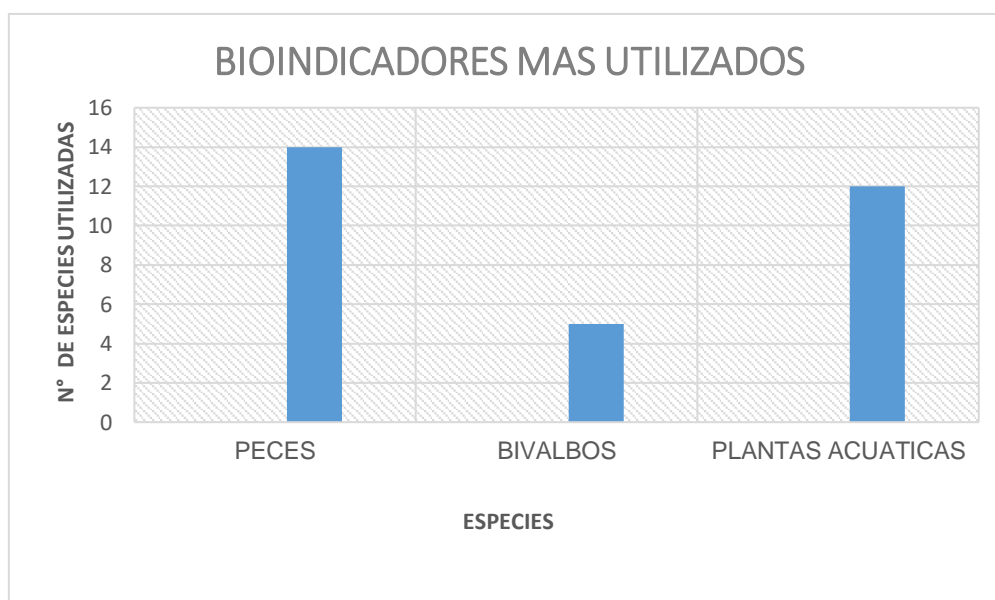


Figura 6: Bioindicadores más utilizados

**Fuente:** Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos

**Interpretación:** La especie con mayor demanda y aplicación, son los peces, con un numero de 14 veces de aplicación, seguido de las plantas con 12 y por ultimo los bivalvos con 5 veces de aceptabilidad

## V. DISCUSIÓN

Se determinaron 34 especies vegetales y animales: peces, bivalvos, insectos, crustáceos, equinodermos y plantas acuáticas, que participan en la identificación de calidad de los ecosistemas acuáticos, dentro de los cuales, los peces representan un número de (14), siendo el bioindicador más utilizado, luego las plantas (12) siendo las algas las más representativas en ecosistemas acuáticos de agua salada, por último, se utilizaron especies de bivalvos (5) con una aplicación menor en ecosistemas acuáticos de agua dulce. Por su parte, (Jennifer et al. 2020, pp. 123) en su artículo científico realizó una investigación con la especie vegetal *porphyra lucassi*, la cual se sometió a un estuario para identificar los contaminantes presentes en este ecosistema acuático. Se pudo determinar contaminantes tales como As con una concentración muy alta, seguida del Cu y por último Zn que logro acumular en concentraciones muy bajas, lo cual coincide con nuestro trabajo de investigación, en el sentido de que esta planta funciona como bioindicador para identificar la calidad en ambientes marinos. Del mismo modo (Kirici, M., et al. 2017) en su artículo científico investigo a la especie *capoeta umbra* para evaluar si dicha especie sirve para identificar los contaminantes presentes en un lago. Esta especie obtuvo resultados exitosos ya que pudo determinar que el agua estaba contaminada por biocidas ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), corroborando así, que este pez se puede usar como bioindicador ya que puede identificar contaminantes presentes en el agua, lo cual coincide con nuestro trabajo de investigación.

Esta investigación se enfoca en los ecosistemas acuáticos, por lo que estos mismos se dividen en dos, los de agua dulce y salada. Teniendo en cuenta esto, en la revisión bibliográfica se separa la información, sobre la aplicación de los bioindicadores en playas, ríos, estuarios, lagos (Tabla 9 y 10), esta separación es debido a que diversas especies no se adaptan con facilidad a la biota presente en los ecosistemas acuáticos. En el trabajo de investigación del autor (Pragnya et al. 2021, pp.34) señala que realizó una comparación de 3 especies de peces, *Labeo rohita*, *pangasius hypophthalmus* y *katsuwonus pelamis*, para identificar su adaptabilidad y monitorear el ecosistema de agua dulce, señalando que la primera especie presenta mayor adaptabilidad a este tipo de ecosistema y presentando una fácil acumulación de contaminantes (Pb, Cu). Por otro lado, (Mahamood, et al. 2021, pp.32) realizó una investigación en la que expuso a la especie *labeo rohita* a

un ecosistema de agua salada para determinar su grado de adaptabilidad y determinación de contaminantes, como resultado manifiesta un alto índice de contaminación hepático debido a los metales, corroborando así que esta especie se ajusta muy bien a un tipo de estudio en ecosistemas acuáticos de agua salada. Ante ambas investigaciones dadas en distintos tipos de agua, se obtuvo en esta revisión que la especie más eficaz en ambos ecosistemas acuáticos es la especie *labeo rohita* debido a su fácil adaptabilidad con la biota de ambos ecosistemas, lo cual concuerda con nuestro trabajo de investigación.

De acuerdo a la presente investigación se encontraron diferentes funciones que cumplen los bioindicadores para determinar la calidad de los ecosistemas acuáticos, según nuestra búsqueda de información y por los autores citados de acuerdo a la tabla 10 (Anexo 6) entre las que más destacan es el monitoreo de contaminantes a través de la bioacumulación, seguido de la evaluación de toxicidad de los contaminantes, llegando a representar un 50% y 30% respectivamente. Del mismo modo el autor mismo (Sanganyado et al. 2018, pp.42) en su artículo nos redacta que las principales vías de inserción de una sustancia química en un espécimen son la respiratoria, la digestiva y la tegumentaria, logrando así acumular los contaminantes en partes de su organismo, de esta manera los bioindicadores son aplicados para la estimación ambiental, como un sistema de seguimiento a los cambios del ambiente, lo cual coincide con nuestro trabajo de investigación, en el sentido de que la técnica con mayor aplicabilidad es la de bioacumulación. Por otro lado (Ribeiro, et al. 2020) en su artículo de investigación aplico a la especie *pistia stratiotes* con el fin de determinar la capacidad de acumulación de clomazona, esta especie tuvo resultado exitoso, ya que absorbió el contaminante del agua trasladando y acumulando en su biomasa un 75% del total de la clomazona, demostrando así que el método de acumulación es una de las técnicas con mayor aplicabilidad en los bioindicadores. Las técnicas de identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos van a depender de diversos parámetros, tales como; biológico, hematológico y fisicoquímico, con estos factores mencionados se logró obtener un mayor análisis y un resultado confiable. Se obtuvo que el parámetro menos utilizado fue el fisicoquímico (16%), consecuentemente el biológico (31%) y el más utilizado para determinar contaminantes en los bioindicadores fue el hematológico (53%). Por otro lado (Duarte et al. 2020, pp. 42) redacta que la calidad

del agua es una expresión en función al uso que se le dará. De este modo, para el uso del agua hay diversas condiciones recogidas en normas específicas que tratan tradicionalmente en las concentraciones de diversos parámetros físico- químicos, tales como el pH, DBO, DQO. Así mismo el autor (Tapia, L. et. Al. 2018) redacta que las especies vegetales con altos porcentajes de acumulación las cuales tenían un pH entre 7 a 7.5, evidenciando que el pH es un factor importante en la eficiencia para identificar la calidad de los ecosistemas acuáticos. (Buendía, et al 2014, p.2) concuerda con nuestros resultados, indicando que las características para identificar la calidad de los ecosistemas acuáticos van a depender del pH, así mismo indica que la temperatura, humedad, materia orgánica, condiciones medioambientales son factores que van a contribuir en lograr la eficiencia de la fitorremediación.

## **VI. CONCLUSIONES**

Se identificaron 34 bioindicadores, tanto vegetales y animales las cuales pertenecen a diversas especies, tales como peces, algas, macrófitos, bivalvos, insectos, equinodermos y crustáceos, los cuales participaron para la identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos.

Se identificó cuáles son las funciones de los bioindicadores con mayor aplicabilidad en la identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos, estos fueron la técnica de, bioacumulación, monitoreo, absorción y evaluación de toxicidad, estos ayudaron a identificar diversos contaminantes en los ecosistemas acuáticos, tales como Pb, Zn, Hg, Mn, Cu, Cd, Cr. Esto es debido a la capacidad de las especies, lo cual permite generar mecanismos de acción con mayor eficiencia y resistencia ante los diversos contaminantes, por ende, nos brinda una buena determinación de la calidad de los ecosistemas acuáticos.

Se determinó que la relación de los bioindicadores y las técnicas de identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos va a depender de diversos parámetros, tales como; biológico, hematológico y fisicoquímico, con estos factores mencionados se lograra obtener un mayor análisis y un resultado confiable

Se pudo evidenciar que los bioindicadores más utilizados para identificar la calidad de ecosistemas acuáticos, fueron 3, los peces representan un número de 14 aplicaciones, siendo el bioindicador más utilizado, factible y sencillo de aplicar debido a su solvencia en los ecosistemas acuáticos en los que se experimentó, la segunda especie más utilizada fueron las plantas acuáticas, principalmente las algas, que tuvieron una aplicación mayor en ecosistemas acuáticos de agua salada que en agua dulce, y, por último, se utilizaron especies de bivalvos con una aplicación menor en ecosistemas acuáticos de agua dulce.

## **VII. RECOMENDACIONES**

A los investigadores de aguas contaminadas, tener en cuenta para la identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos, los peces, plantas acuáticas y los bivalvos.

Para los interesados en el problema de contaminación de aguas con diversos contaminantes en nuestro país, se sugiere investigar nuevas especies vegetales y animales mediante bioensayos para ver la capacidad de absorción, bioacumulación y monitoreo, las cuales mostraron mejores resultados al momento de determinar la calidad de los ecosistemas acuáticos.

Para futuras investigaciones de revisión sistemática los investigadores deben tener en cuenta una base de datos donde se tenga los parámetros y técnicas que apoyen en la investigación para determinar la calidad de los ecosistemas acuáticos.

A los investigadores se le sugiere realizar mayor investigación con los bioindicadores ya estudiados para así poder evaluar técnicas que puedan apoyar en la identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos.

## REFERENCIAS

ARIAS VALENCIA, M; GIRALDO MORA, C. El rigor científico en la investigación cualitativa. Investigación y educación en enfermería, 2011; 29(3): 500-514.

Disponible en:

<https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/iee/article/view/5248/99>

ARMENTERAS, Dolors, et al. Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. Revista Ecosistemas, 2016, vol. 25, no 1, p. 83-89 ISSN 1132-6344.

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/540/54045357011>

ARSAD, S., et. Al. 2021. Epiphytic microalgae community as aquatic bioindicator in Brantas River, East Java, Indonesia. [en línea], vol. 22, no. 7. ISSN: 2207495.

Disponible en: <https://smujo.id/biodiv/article/view/8213>

BAYLON CORITOMA, Maribel et al. Evaluación de la diversidad de algas Fito planctónicas como indicadores de la calidad del agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco (Perú). Ecol. apl. [online]. 2018, vol.17, n.1 [citado 2021-12-08], pp.119-132. ISSN 17262216

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i1.1180>

BETRAND, L. et, al. 2018. Native crustacean species as a bioindicator of freshwater ecosystem pollution: A multivariate and integrative study of multi-biomarker response in active river monitoring [en línea], vol. 206, pp. 265-277. ISSN: 00456535.

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653518308440>

BONANNO, G. et. al. Perspectives on using marine species as bioindicators of plastic pollution, Marine Pollution Bulletin, Volume 137,2018, Pages 209-221, ISSN 0025-326X.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.10.018>

CÁDIZ, J. (2006). Rigurosidad científica y principios orientadores para el evaluador/investigador, en: *Ars Médica*, 14.

Disponible en:

[Http://escuela.med.puc.cl/publ/arsmedica/arsmedica9/ars3.html/](http://escuela.med.puc.cl/publ/arsmedica/arsmedica9/ars3.html/)

CARVALHO, Thatiana Luiza Assis de Brito, et al. Assessing the histological changes in fish gills as environmental bioindicators in Paraty and Sepetiba bays in Rio de Janeiro, Brazil. *Latin American Journal of aquatic research*, 2020, vol. 48, no 4, p. 590-60.

Disponible en:

<http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=f2243db4-9957-429c-8757-70540751ca66%40pdc-v-sessmgr01>

CASTILLO, E. y VÁSQUEZ, M. (2003). El rigor metodológico en la investigación cualitativa, en: *Colombia Médica*, 34:164-167.

CERVENY, Daniel, et al. Young-of-the-year fish as a prospective bioindicator for aquatic environmental contamination monitoring, *Water Research*, 2016, Vol. 103, p. 334-342 ISSN 0043-1354.

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135416305607>

CHIARELLI, R., et. al. 2019. Cadmium stress effects indicating marine pollution in different species of sea urchin employed as environmental bioindicators [en línea], vol 24, pp. 675- 687. ISSN: 675–687.

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12192-019-01010-1>

CHUAN, O., et. Al. (2017). Metals contamination using *Polymesoda expansa* (marsh clam) as bio-indicator in Kelantan River, Malaysia. [en línea], vol. 21, pp.597-604. ISSN: 1394-2506. Disponible en:

<http://www.ukm.my/mjas/v21n3/pdf/Ong>



DING, Jinfeng, et al. Microplastics in four bivalve species and basis for using bivalves as bioindicators of microplastic pollution. Science of The Total Environment, 2021, vol. 782, p. 146-83 ISSN 0048-9697. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721019008>

DUARTE, G. et, al. 2020. Acanthocephalan's parasites of two Characiforms fishes as bioindicators of cadmium contamination in two neotropical rivers in Brasil, vol. 738, pp. 140- 339. ISSN: 00489697. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720338614>

EISENHOWER RENGEL, Wilmer., et al, 2018. Publicar investigación científica Metodología y desarrollo [en línea]. Ecuador, 1era edición [fecha de consulta 18 de junio 2021] ISBN: 978-9942-775-16-0. Disponible en: [https://issuu.com/marabiertouleam/docs/publicar\\_investigacion\\_cientifica](https://issuu.com/marabiertouleam/docs/publicar_investigacion_cientifica)

ESPINOZA, P. Calidad del agua en el Perú. [en línea], vol. 2, pp. 16. ISSN: 978-612-4210-50-1. Disponible en: [https://doc.rero.ch/record/309268/files/16-09\\_Calidad\\_del\\_agua](https://doc.rero.ch/record/309268/files/16-09_Calidad_del_agua)

FARIAS, D., et. al. 2018. Macrophytes as bioindicators of heavy metal pollution in estuarine and coastal environments [en línea], vol. 128, pp. 175-184. ISSN: 0025-326X. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X18300341>

FERNANDEZ, Rafael et al. Evaluación de los hifomicetos acuáticos como bioindicadores de calidad ambiental en el río Chirgua, Venezuela, [en línea]. 2017, vol. 13, n.4, pp. 120-134. ISSN: O124-177X

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6687498>

FERRER, E. et, al. Evaluation of the Sagittaria montevidensis Cham. & Scheldt. As a bioindicator and phytoextractor of toxic metals. [en línea] vol. 10, °6. ISSN: 1980-993X. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/wWkphb6Snj8F3QQWXXqpzrr/?lang=en>

GONZÁLEZ ZUARTH, C.A., VALLARINO, A., PÉREZ JIMÉNEZ, J.C. y LOW PFENG, A.M., 2014. Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental. S.l.: s.n. ISBN 9786078429059.

GHARRED, C. et.al. 2021. Application of the *Paracentrotus lividus* sea-urchin embryo-larval bioassay to the marine pollution biomonitoring program in the Tunisian coast. [en línea] vol. 27, no. 2. ISSN 19411955. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-16101-9>

GUBA, E. Y LINCOLN, Y. Epistemological and methodological bases of naturalistic inquiry. *Educ Tech Res Dev*. 1982;30(4):233-52.

HERNANDEZ, Roberto., 2016. Diseños del proceso de investigación cualitativa. Revista: WordPress. Disponible en: <https://administracionpublicaub.files.wordpress.com/2016/03/hernc3a1ndezsamipieri-cap-15-disec3b1os-del-proceso-de-investigac3b3n-cualitativa.pdf>

HINOJOSA, D., et. al. 2020. Banded tetra (*Astyanax aeneus*) as bioindicator of trace metals in aquatic ecosystems of the Yucatan Peninsula, Mexico: Experimental biomarkers validation and wild populations biomonitoring [en línea], vol. 195, no. 11, pp. 14. ISSN 1110477

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014765132030316X>

KAZAKOVA, J., et al. 2021. Monitoring of pharmaceuticals in aquatic biota (*Procambarus clarkii*) of the Doñana National Park (Spain). [en línea], vol.297, no. 6, pp. 18. ISSN 1112465. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721013761>

KIRICI, M., et al. Toxic effects of copper sulphate pentahydrate on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation of freshwater fish *Capoeta umbla* (Heckel, 1843) tissues. *Applied Ecology and Environmental Research*, 2017, vol. 15, no 3, p. 1685-1696. ISSN 1785-0037.

Disponible en: [http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1503\\_16851696](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1503_16851696)

KLINK, A., et. al. 2018. Evaluation of *Ceratophyllum demersum* as the accumulative bioindicator for trace metals [en línea], vol. 93, no. 12, pp 34. ISSN 12742812. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X18303613>

LEI Su, et al. 2018. Using the Asian clam as an indicator of microplastic pollution in freshwater ecosystems [en línea], vol. 234, pp. 347-355. ISSN: 0269-7491. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117333055>

LEITE, L. et, al. 2017. *Contracecum* sp. parasitizing *Acestrorhynchus lacustris* as a bioindicator for metal pollution in the Batalha River, southeast Brazil [en línea], vol. 575, pp. 836- 840. ISSN: 00489697. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969716320629>

LIAN, Z y WU, X. Acute and chronic toxicities assessment of arsenic (III) to catfish, *Silurus lanzhouensis* in China [en línea], vol 3, n°1, pp. 27. ISSN 1334418. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23312025.2017.1334418>

MACHADO, Verónica; GRANDA, Roberto y ENDARA, Alexandra. Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del Río Sardinas, Chocó Andino Ecuatoriano. *Eco.* [online]. 2018, vol.9, n.4 [citado 2021-12-08], pp.154-167. ISSN 1390-6542 Disponible en: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.369>.

MAHAMOOD, Mohammad, et al. *labeo rohita*, a bioindicator for water quality and associated biomarkers of heavy metal toxicity. *npj Clean Water*, 2021, vol. 4, no 1, p. 1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00107-4>

MANJARREZ, Ganiveth et al. Parasites in tourist beaches: proposal for its inclusion as health quality indicators. *Review for Latin América. Ecol. apl.* [online]. 2019, vol.18, n.1 [citado 2021-12-08], pp.91-100.

Disponible en:

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-221620190001000](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-221620190001000)

MONCADA, Laura, 2018. Diseño Narrativo. Laurapatriciamh.blogspot [en línea]; [Consulta: 18/06/2021].

Disponible en: <http://laurapatriciamh.blogspot.com/disenos-narrativos.html>

MORSE J. Qualitative research methods. Beverly Hills: Sage Publications; 1994

MOTTA, T.et, al. Tilapia (*Oreochromis niloticus*) as a Biondicator of Copper and Cadmium Toxicity. A Bioavailability Approach. [en línea] vol. 28, n°1. ISSN: 143-15. Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/bchs/a/dpfg5DLXKm34JhQ9NFRTc8J/?lang=en&format=html>

MUNROE, S., et. Al. 2018. A benthic bioindicator reveals distinct land and ocean–Based influences in an urbanized coastal embayment. [en línea] vol. 25, no. 2. ISSN:0205408. Disponible en:

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0205408>

NASIRIAN, H., et. al. 2017. Odonata larvae as a bioindicator of metal contamination in aquatic environments: application to ecologically important wetlands in Iran. [en línea] Environ Monit Assess 189, 436. Disponible en:

<https://doi.org/10.1007/s10661-017-6145-6>

NOOR, N. y ZUTSHI, B., 2018. Bioaccumulation of Trace Metals in Tissues of Rohu Fish for Environmental Risk Assessment. Journal of Water Resource and Protection, vol. 08, no. 04, pp. 472-481. ISSN 1945-3094.

Disponible en: [https://www.scirp.org/html/6-9402817\\_66127.html](https://www.scirp.org/html/6-9402817_66127.html)

NORDIANI, S., et. Al. 2018. Tape seagrass (*Enhalus acoroides*) as a bioindicator of trace metal contamination in Merambong shoal, Johor Strait, Malaysia. [en línea] vol. 126, n°1. ISSN: 1132-1184. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X17308871>

OROZCO ALVARADO, J.C. y DÍAZ PÉREZ, A.A., 2018. ¿Cómo redactar los antecedentes de una investigación cualitativa? Revista Electrónica de Conocimientos, Saberes y Prácticas, vol. 1, no. 2, pp. 66-82. ISSN 2616-8294.

Disponible en: [DOI 10.30698/recsp.v1i2.13](https://doi.org/10.30698/recsp.v1i2.13).

PARMAR, Trishala K.; RAWTANI, Deepak; AGRAWAL, YK Bioindicadores: el indicador natural de contaminación ambiental. Fronteras en las ciencias de la vida, 2016, vol. 9, no 2, pág. 110-118 ISSN 2155-3769.

Disponible en:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21553769.2016.1162753>

PASTORINO, P. et, al. Macrobenthic invertebrates as bioindicators of trace elements in high-mountain lakes. [en línea] vol. 27, n°2. ISSSN: 5958–5970.

Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11356-019-07325-x>

PEÑA, E. et, al. Acumulación de metales pesados en Calamagrostis rigida (Kunth) Trin. ex Steud. (Poaceae) y Myriophyllum quitense Kunth (Haloragaceae) evaluadas en cuatro humedales altoandinos del Perú. [en línea] vol. 24, n°2.

ISSN: 1815-8242. Disponible en:

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992017000200010&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992017000200010&script=sci_abstract)

PEREIRA, P. Acute Toxicity of Herbicides and Sensibility of Aquatic Plant Wolffia brasiliensis as a Bioindicator Organism. [en línea], vol 33. N°3. ISSN: 101-1590. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/336128103\\_Acute\\_Toxicity\\_of\\_Herbicides\\_and\\_Sensibility\\_of\\_Aquatic\\_Plant\\_Wolffia\\_brasiliensis\\_as\\_a\\_Bioindicator\\_Organism/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/336128103_Acute_Toxicity_of_Herbicides_and_Sensibility_of_Aquatic_Plant_Wolffia_brasiliensis_as_a_Bioindicator_Organism/citation/download)

POLECHONSKA, Ludmiła; KLINK, Agnieszka. Validation of Hydrocharis morsuranae as a possible bioindicator of trace element pollution in freshwaters using Ceratophyllum demersum as a reference species. Environmental Pollution, 2021, vol. 269, p. 269, p. 116-145 ISSN 0269-7491.

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749120368342>

PRAGNYA, M., et al. Bioaccumulation of heavy metals in different trophic levels of aquatic ecosystems with fish as a bioindicator in Visakhapatnam, India. *Marine Pollution Bulletin*, 2021, vol. 165, p. 112-162 ISSN 0025-326

Disponible en:

<https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112162>

PRAGNYA, M., et al. Bioaccumulation of heavy metals in different organs of *Labeo rohita*, *Pangasius hypophthalmus*, and *Katsuwonus pelamis* from Visakhapatnam, India. *Marine pollution bulletin*, 2020, vol. 157, p. 111- 326.

Disponible en: [sci-hub.se/10.1016/j.marpolbul.2020.111326](https://sci-hub.se/10.1016/j.marpolbul.2020.111326)

RIBIERO, V.et, al. Morphoanatomical injuries in *Pistia stratiotes* L. (Araceae) as a result of exposure to clomazone in water. [en línea], vol 92, n°13, pp. 15. ISSN: 1678-2690. Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/aabc/a/FX9yhw4RVTQ3SrSQMpdzXKp/abstract/?lang=en#ModalArticles>

RODRIGUEZ AGUILAR, Brian Arturo, et al. 2019. Analysis of pesticide residues in the surface water of the Ayuquila-Armeria River watershed, Mexico [en línea]. México: Terra Latinoam, vol.37, n.2, pp.151-161 [consulta: 25 de abril del 2021]. ISSN 2395-8030.

Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792019000200151&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792019000200151&lang=es)

RODRIGUEZ, Daniela, 2019. Investigación Aplicada. En Lifereder [en línea]; [consulta: 18 de junio del 2021].

Disponible en: <https://www.lifereder.com/investigacion-aplicada/>

RODRÍGUEZ, M, Acerca de la investigación bibliográfica y documental, 2013. Plataforma de Metodología de la Investigación y Guía de Tesis de Grado [En línea]; [fecha de consulta: 18 de junio de 2021].

Disponible en: <https://guiadetesis.wordpress.com/2013/08/19/acerca-de-la-investigacion-bibliografica-y-documental/>

ROSALES, Luis Eduardo; MATEO, Sonia Sánchez. Uso de Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad del agua del río Palacagüina, Norte de Nicaragua. Revista Científica de FAREM-Estelí, 2013, no 8, p. 66-75.

Disponible en:  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S16904648200800020001](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S16904648200800020001)

SALINAS, P. J. 2010. Metodología de la investigación científica. Un enfoque integrador. Venezuela, pp.450.

SANGANYADO, Edmond; RAJPUT, Imran Rashid; LIU, Wenhua. Bioaccumulation of organic pollutants in Indo-Pacific humpback dolphin: A review on current knowledge and future prospects. Environmental Pollution, 2018, vol. 237, p. 111-125. ISSN 0269-7491

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.055>

SIERPE, C. et. Al. Familia Chironomidae (Orden Díptera) utilizada como bioindicador para la determinación de calidad ambiental de la cuenca del Río Gallegos (Santa Cruz, Argentina). [en línea]. 2019, vol.10, n.14, pp. 170-184.

Disponible en:  
<https://publicaciones.unpa.edu.ar/index.php/ICTUNPA/article/view/606>

SILVA, M. et, al. Frequency of mentum deformity in Chironomus sancticaroli (Diptera: Chironomidae) in a laboratory culture. [en línea], vol. 14, n°12, pp.5. ISSN: 1980-993X.

Disponibile en:

<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/XQ6qvD9DcNcD5HhpdCxgxgp/?format=pdf&lang=en>

STRESHE, Jennifer. Marine bivalves as bioindicators for environmental pollutants with focus on dumped munitions in the sea: A review, Marine Environmental Research, Volume 158, 2020, pp 132-221, ISSN 0141-1136.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105006>

SUBBURAJ, A., et al. Acute toxicity bioassay of Malathion (EC 50%) on the fish, *Oreochromis mossambicus* (Tilapia) and associated histological alterations in gills. Journal of entomology and zoology studies, 2018, vol. 6, no 1, p. 103-107. ISSN 2349-6800

Disponibile en: <https://www.entomoljournal.com/2018/vol6issue1/PartB/5-6-78-449>

TAO, Wu, Shengrui Wang, Baolin Su, Huaxin Wu, Guoqiang Wang. Understanding the water quality change of the Yilong Lake based on comprehensive assessment methods, Ecological Indicators, 2021, Vol 126, p. 107714. ISSN 1470-160

Disponibile en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21003794>

TAPIA, L, et al. Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en lagunas Altoandinas en el Perú, 2018, vol. 17, p. 149-163. ISSN: 17262216.

Disponibile en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162018000200003](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162018000200003)

TENJO MORALES, Ana Isabel; CÁRDENAS CASTRO, Estrella. Importancia y utilidad de los bioindicadores acuáticos. Biodiversidad Colombia, 2015, vol. 1, no 5, p. 36-48.



Disponible en:

<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1034&context=bi>

UNUNUMA, R. 2018. The Development of Sea Sponges (*Hymeniacidon perlevis* and *Amorphinopsis* sp) as Novel Models for Genotoxicity Assessment and Environmental Monitoring of Pollutants in the Aquatic Environment. Disponible en: <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/9208/1/Akpiri2019PhD.pdf>

VARGAS CORDERO, Z.R., 2009. La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, vol.33, no.1, pp. 155. ISSN 0379-7082. Disponible en: [10.15517/revedu.v33i1.538](https://doi.org/10.15517/revedu.v33i1.538)

VILLENA, J. Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* [en línea], vol. 35, no. 2, pp. 304. ISSN 1726-4642. Disponible en: [10.17843/rpmesp.2018.352.3719](https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719)

## **ANEXOS**

ANEXO I

**TABLA N° 5: Categorías, sub categorías y matriz de categorización apriorística.**


<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Categoría</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Criterio 1</b>	<b>Criterio 2</b>
¿Cómo se clasifican los bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos?	Clasificar los tipos de bioindicadores más usados para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos	Bioindicador  (Mosquera, et, al. 2020, p.11)	Vegetal  (Padulles et. al. 2017, p.21)  Animal  Padulles et. al. 2017, p.21)	De acuerdo con la familia de la especie utilizada  Padulles et. al. 2017, p.21)	De acuerdo con la aplicación de la planta o animal utilizado  Padulles et. al. 2017, p.21)

<p>¿Qué funciones cumplen los tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos?</p>	<p>Mencionar las funciones que cumplen los tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos</p>	<p>Funciones de los Bioindicadores  (Parmar et al. 2016, p, 12)</p>	<p>Absorción de los contaminantes (Morales et al. 2015, p,14)  Acumulación de contaminantes (Morales et al. 2015, p,14)</p>	<p>De acuerdo con la vía de entrada del contaminante en el cuerpo (Morales et al. 2015, p,14)</p>	<p>De acuerdo con la planta o animal utilizado  (Morales et al. 2015, p,14)</p>
<p>¿Cómo se identifica la calidad de los ecosistemas acuáticos en los que se utilizan bioindicadores?</p>	<p>Indicar como se identifica la calidad de los ecosistemas acuáticos en los que se utilizan bioindicadores.</p>	<p>Calidad del agua  (Tao Wu, et al. 2021)</p>	<p>Parámetros fisicoquímicos  Zapata, et al. 2017)</p>	<p>De acuerdo a los factores físicos del medio acuático  Zapata, et al. 2017)</p>	<p>De acuerdo a los factores químicos del medio acuático  Zapata, et al. 2017)</p>

*Fuente: Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos*

## ANEXO II

TABLA N° 6: Ficha de recolección de datos

	<b>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</b>	<b>1</b>
<i>Título:</i>		
<i>AUTOR (ES):</i>		<i>AÑO DE PUBLICACIÓN:</i>

<i>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</i>	<i>PARTICIPANTE:</i>
-------------------------------	----------------------

<i>PALABRA CLAVE:</i>	
<i>BIOINDICADORES</i>	
<i>METODO DE ANALISIS</i>	
<i>METODO ESTADISTICO</i>	
<i>RESULTADO</i>	
<i>CONCLUSIONES</i>	

ANEXO III

**Tabla N°7:** Tipos de bioindicadores

**ANIMALES**

**Peces**

- (labeo rohita)*
- (prochilodus lineatus)*
- (serrasalmus marginatus)*
- (menticirrhus americanus)*
- (micropogonias furnieri)*
- (astyanax aeneus)*
- (silurus lanzhounesis)*
- (oreochromis niloticus)*
- (oreochromis mossambicus)*
- (labeo rohita)*
- (pangasius hypophthalmus)*
- (katsuwonus pelamis)*
- (capoeta umbla)*

**Bivalvos**

- Vieira *(chlamys farreri)*
- Mejillón *(mytilus galloprovincialis)*
- Ostra *(crassostrea gigas)*
- Almeja *(ruditapes philippinarum)*
- Almeja *(corbícula fluminea)*

**Insectos**

- dipteros *(chironomidae)*
- odonata

**Crustáceos**

- Camarón *(palaemonetes argentinus)*

Cangrejos

**Equinodermos**

- Erizo *(paracentrotus lividus)*

**PLANTAS**

- Pistia stratiotes*
- Wolffia brasiliensis*
- Sagittaria montevidensis*
- Calamagrostis rigida*
- Myriophyllum quitense*
- Porphyra lucassi*
- Grateloupia turuturu*
- Gracillaria Sp.*
- Pyropia columbina*
- Ulva australis*
- Ulva compressa*
- Enhalus acoroides*

**Fuente:** Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos

## ANEXO IV

**Tabla 8:** Bioindicadores en ecosistemas de agua dulce.

BIOINDICADORES	N° DE VECES APLICADOS
<i>Labeo rohita</i>	3
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	1
<i>Ruditapes philippinarum</i>	1
<i>Corbicula fluminea</i>	2
<i>Prochilodus lineatus</i>	1
<i>Menticirrhus americanus</i>	1
<i>Micropogonias furnieri</i>	1
<i>Astyanax aeneus</i>	1
<i>Silurus lanzhounesis</i>	1
<i>Pistia stratiotes</i>	1
<i>C. Sancticaroli</i>	1
<i>Wolffia brasiliensis</i>	1
<i>S. Montevidensis</i>	1
<i>Calamagrostis rígida</i>	1
<i>Myriophyllum quitense</i>	1
<i>Oreochromis niloticus</i>	1
<i>Chironomidae</i>	1
<i>Oligochaeta</i>	1
<i>Palaemonetes argentinus</i>	1
<i>Contracecum</i>	1
<i>Acestorhynchus lacustris</i>	1
<i>Odonata ischnura ramburii</i>	1
<i>Oreochromis mossambicus</i>	1
<i>Pangasius hypophthalmus</i>	1
<i>Katsuwonus pelamis</i>	1
<i>Capoeta umbla</i>	2
<i>Paracentrotus lividus</i>	1
<i>Porphyra lucassi</i>	1
<i>Grateloupia turuturu</i>	1
<i>Ulva compressa</i>	1

**Fuente:** Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos

## ANEXO V

**Tabla 9:** Bioindicadores en ecosistemas de agua salada.

BIOINDICADORES	N° DE VECES APLICADOS
<i>Labeo rohita</i>	2
<i>Wolffia brasiliensis</i>	1
<i>S. Montevidensis</i>	1
<i>Calamagrostis rígida</i>	1
<i>Myriophyllum quitense</i>	1
<i>Astyanax aeneus</i>	1
<i>Silurus lanzhounesis</i>	1
<i>Oreochromis niloticus</i>	1
<i>Chironomidae</i>	1
<i>Oligochaeta</i>	1
<i>Palaemonetes argentinus</i>	1
<i>Contracecum</i>	1
<i>Acestrorhynchus lacustris</i>	1
<i>Odonata ischnura ramburii</i>	1
<i>Oreochromis mossambicus</i>	1
<i>Pangasius hypophthalmus</i>	1
<i>Katsuwonus pelamis</i>	1
<i>Capoeta umbla</i>	2
<i>Paracentrotus lividus</i>	1
<i>Porphyra lucassi</i>	1
<i>Grateloupia turuturu</i>	1
<i>Gracillaria sp</i>	1
<i>Pyropia columbina</i>	1
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	1
<i>Ecklonia radiata</i>	1
<i>Undaria pinnatifida</i>	1
<i>Ulva australis</i>	1
<i>Ulva compressa</i>	1

**Fuente:** Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos



## ANEXO VI

Tabla N° 10: Funciones de los Bioindicadores.

BIOINDICADOR	FUNCIONES	CONTAMINANTE S	REFERENCIA
Labeo rohita	Evaluación del impacto de los metales pesados (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)	(Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)	Mahamood, et al. (2021)
Vieira ( <i>chlamys farreri</i> ) Mejillón ( <i>mytilus galloprovincialis</i> ) Ostra ( <i>crassostrea gigas</i> ) Almeja ( <i>ruditapes philippinarum</i> )	Absorción de micro plásticos	Cloruro de polivinilo, rayón	Ding, et al. (2021)
<i>Prochilodus lineatus</i>  <i>Serrasalmus marginatus</i>	Identificar y comparar la capacidad de acumulación de contaminantes	Cadmio	Duarte, g., et al. (2020)
<i>Menticirrhus americanus</i>  <i>Micropogonias furnieri</i>	Analizar los efectos de los contaminantes	Metales pesados	Carvalho, et al. (2020)
<i>Astyanax aeneus</i>	Determinar la susceptibilidad y la vialidad	Metales trazas y sulfato de cobre	Hinojosa, et al. (2020)
<i>Silurus lanzhounesis</i>	Identificar la capacidad de absorción, depuración y acumulación	Arsénico	Lian y Wu, (2017)

<i>Pistia stratiotes</i>	Identificar la toxicidad de los contaminantes presentes en el lago	Clomazona	Riberiro, et al. (2020)
<i>Wolffia brasiliensis</i>	determinar la sensibilidad ante herbicidas	diquat, paraquat e imazapyr	Pereira, et al. (2019)
<i>S. Montevidensis</i>	Evaluar la bioconcentración y translocación de metales pesados	Cu, Ni, y Zn	Ferrer, et. al (2017)
<i>Calamagrostis rígida</i> <i>Myriophyllum quitense</i>	identificar la capacidad de absorción, bioacumulación y fitorremediación	Cu, Pb y Zn	Peña, et. al (2017)
<i>Oreochromis niloticus</i>	Identificar y determinar la toxicidad de los metales	Cu y Cd	Motta, et. al (2017)
<i>Chironomidae</i> <i>Oligochaeta</i>	Identificar la capacidad de bioacumulación de oligoelementos	Cu	Pastorino, et al. (2019)
<i>Corbícula fluminea</i>	Identificar y determinar la capacidad de acumulación de contaminantes	Microfibras	Lei, et al. (2018)
<i>Palaemonetes argentinus</i>	Determinar la degradación ambiental del ecosistema acuático	Metales	Bertrand, I. et al. (2018)
<i>Pez (acestrorhynchus lacustris) / (larvas - contraecum)</i>	Monitorear contaminantes a través de la capacidad de bioacumulación	As, Cd, Pb, Ni	Leite, I. et al. (2019)
<i>Odonata</i>	Bioacumulación de metales	Cd, As, Co, Cr, Cu, Fe, Hg Mn, Pb, Zn	Nasirian, h. et al (2017)

<i>Oreochromis mossambicus</i>	Determinar el nivel de toxicidad	Malatión	Suburraj, a. et al. (2018)
<i>Labeo rohita</i> <i>Pangasius</i> <i>Hypophthalmus</i> <i>katsuwonus pelamis</i>	Evaluar la capacidad de bioacumulación	Zn, Pb, Cd, Co, Cu y Fe	Pragnya, m. et al. (2020)
<i>Capoeta umbla</i>	Evaluar la toxicidad del biocida	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	Kirici, m., et al (2017)
<i>Paracentrotus lividus</i>	Identificar los contaminantes presentes en el ecosistema acuático	Cd	Chiarelli, r., et. al. (2019)
<i>Porphyra lucassi</i> (alga roja) <i>Grateloupia turuturu</i> (alga roja) <i>Gracillaria sp.</i> (alga roja) <i>Pyropia columbina</i> (alga roja) <i>Scytosiphon lomentaria</i> (marron) <i>Ecklonia radiata</i> (marron) <i>Undaria pinnatifida</i> (marron) <i>Ulva australis</i> (verde) <i>Ulva compressa</i> (verde) <i>Zostera muelleri</i> (pasto marino) <i>Zostera nigricaulis</i> <i>Ruppia megacarpa</i>	Identificar y determinar la capacidad de absorción de los metales	Arsénico, cobre, plomo y zinc	Farías, d., et. al. (2018)
<i>Polymesoda expansa</i> (almeja de los pantanos)	Filtración de partículas suspendidas en el agua	Metales	Chuan, o., et. al. (2017)
<i>Enhalus acoroides</i> (pastos marinos)	Evaluar el ecosistema marino impactado por metales mediante absorción de los mismos	Metales	Nordiani, s., et. al. 2018.

<i>Ceratophyllum demersum</i> (planta)	Determinar la capacidad de bioacumulación	Metales	Klink, a., et. al. 2018
<i>Microalgas epífitas</i> (perifiton)	Analizar la estructura de la comunidad de microalgas y analizar el estado de salud del río	Metales	Arsad, s., et. al. 2021
Langostino oriental ( <i>melicertus plebejus</i> )	Bioacumulación de metales en los tejidos	Metales	Munroe, s., et. al. 2018
Cangrejos de río	Determinar los residuos múltiples	Metales	Kazakova, j., et. al. 2021
Esponjas marinas	Exposición "in vivo" para la evaluación de roturas de hebra de ADN	fármacos	Ununuma, r. 2018
Embriones de erizo de mar	Analizar las características fisicoquímicas del agua de mar	metales	Gharred, c. et.al. 2021

Fuente: Revisión sistemática: *Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos*

ANEXO VII

**Tabla N° 11:** Relación de bioindicadores y los parámetros, para la identificación de la calidad de los ecosistemas acuáticos.

BIOINDICADOR	PARAMETROS	ECOSISTEMA
<i>Labeo rohita</i>	Hematológico	Lago
<i>Vieira (chlamys farreri)</i> <i>Mejillón (mytilus galloprovincialis)</i> <i>Ostra (crassostrea gigas)</i> <i>Almeja (ruditapes philippinarum)</i>	Biológico, físicoquímico	Bahía
<i>Prochilodus lineatus</i> <i>Serrasalmus marginatus</i>	Hematológico, biológico	Río
<i>Menticirrhus americanus</i> <i>Micropogonias furnieri</i>	Físicoquímico, biológico	Bahía
<i>Astyanax aeneus</i>	Hematológico, físicoquímico, biológico	Río
<i>Silurus lanzhounesis</i>	Físicoquímico, biológico	Bioensayo a nivel de laboratorio
<i>Pistia stratiotes</i>	Físicoquímico, biológico	Lago
<i>Wolffia brasiliensis</i>	Físicoquímico, biológico	Bioensayo a nivel de laboratorio
<i>S. Montevidensis</i>	Físicoquímico, biológico	Río
<i>Calamagrostis rígida</i> <i>Myriophyllum quitense</i>	Físicoquímico, biológico Hematológico	Lagunas
<i>Oreochromis niloticus</i>	Físicoquímico	Bioensayo a nivel de laboratorio
<i>Chironomidae</i> <i>Oligochaeta</i> <i>Corbicula fluminea)</i>	Físicoquímico, biológico Hematológico	Lago Lago y río
<i>Palaemonetes argentinus</i>	Físicoquímico	Río
<i>Pez (acestrorhynchus lacustris) / (larvas -contraecum)</i>	Físicoquímico, biológico	Bioensayo a nivel de laboratorio

<i>Odonata</i>	Fisicoquímico, biológico	Humedales
<i>oreochromis mossambicus</i>	Fisicoquímico, biológico	Bioensayo a nivel de laboratorio
<i>labeo rohita</i>	Hematológico	
<i>pangasius hypophthalmus</i>	Hematológico	Bioensayo a nivel de laboratorio
<i>katsuwonus pelamis</i>	Fisicoquímico, biológico	
<i>Capoeta umbla</i>	Fisicoquímico, biológico	Rio
<i>Paracentrotus lividus</i>	Fisicoquímico, biológico	Mar
<i>Porphyra lucassi</i> (alga roja) <i>Grateloupia turuturu</i> (alga roja) <i>Gracillaria sp.</i> (alga roja) <i>Pyropia columbina</i> (alga roja) <i>Scytosiphon lomentaria</i> (marrón) <i>Ecklonia radiata</i> (marrón) <i>Undaria pinnatifida</i> (marrón) <i>Ulva australis</i> (verde) <i>Ulva compressa</i> (verde) <i>Zostera muelleri</i> (pasto marino) <i>Zostera nigricaulis</i> <i>Ruppia megacarpa</i>	Fisicoquímico, biológico	Estuario
<i>Polymesoda expansa</i> (almeja de los pantanos)	Biológico	Rio
<i>Enhalus acoroides</i> (pastos marinos)	Fisicoquímico, biológico	Bahía
<i>Ceratophyllum demersum</i> (planta)	Fisicoquímico, biológico	Humedales
Microalgas epífitas ( <i>perifiton</i> )	Fisicoquímico, biológico	Rio
Langostino oriental ( <i>melicertus plebejus</i> )	Biológico	Bahía
Cangrejos de río	Biológico, fisicoquímico	Rio
Esponjas marinas	Fisicoquímico	Mar
Embriones de erizo de mar	Biológico	Mar

Fuente: Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos

ANEXO VIII

**Tabla N° 12:** Bioindicadores más utilizados.

PECES	PLANTAS
<i>Labeo rohita</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
<i>Prochilodus lineatus</i>	<i>Wolffia brasiliensis</i>
<i>Serrasalmus marginatus</i>	<i>Sagittaria montevidensis</i>
<i>Menticirrhus americanus</i>	<i>Calamagrostis rigida</i>
<i>Micropogonias furnieri</i>	<i>Myriophyllum quitense</i>
<i>Astyanax aeneus</i>	<i>Porphyra lucassi</i>
<i>Silurus lanzhounesis</i>	<i>Grateloupia turuturu</i>
<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Gracillaria Sp.</i>
<i>Oreochromis mossambicus</i>	<i>Pyropia columbina</i>
<i>Labeo rohita</i>	<i>Ulva australis</i>
<i>Pangasius hypophthalmus</i>	<i>Ulva compressa</i>
<i>Katsuwonus pelamis</i>	<i>Enhalus acoroides (pastos marinos)</i>
<i>Capoeta umbla</i>	
<i>Acestrorhynchus lacustris) / (larvas -contraecum)</i>	
<i>Bivalvos</i>	
<i>Vieira (chlamys farreri)</i>	
<i>Mejillón (mytilus galloprovincialis)</i>	
<i>Ostra (crassostrea gigas)</i>	
<i>Almeja (ruditapes philippinarum)</i>	
<i>Almeja (corbicula fluminea)</i>	

**Fuente:** Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos

ANEXO IX

**Tabla N° 13:** Investigaciones de tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos.

BIOINDICADORES	METODOLOGIA	FUNCIONES	RESULTADOS	AUTOR
Labeo rohita	LABEO ROHITA se usó para determinar evaluar y determinar el impacto y el nivel de metales pesados (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Cd) mediante la detección por parámetros hematológicos	Evaluación del impacto de los metales pesados (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)	Se obtuvo como resultado un nivel significativamente elevado de globulina (+ 114%) y menor de albúmina (-65,83%) en el pez Labeo Rohita, lo que confirma la existencia de niveles altos en la actividad enzimática y creatinina. Dicho de otro modo, los metales cambian la composición química en la sangre de la especie. La investigación de Mahamood manifiesta un alto índice de contaminación en la especie debido a su fácil absorción y acumulación de metales en las branquias y tejido hepático, por ende, esta especie se ajusta muy bien a este tipo de estudio	Mahamood, et al. (2021)
Vieira (Chlamys farreri)	En el estudio se usó 4 especies de bivalvos, los cuales se estudiaron durante 4 temporadas, con el objetivo de identificar la capacidad de absorción y determinar que tipos de micro plásticos abundan en este ecosistema, mediante el	Identificar la capacidad de absorción y determinar que tipos de micro plásticos	Se obtuvo como resultado, que la abundancia de micro plásticos en cuatro especies de bivalvos osciló entre 0,5 y 3,3 artículos / individuo o 0,3 y 20,1 artículos / g de peso húmedo del sistema digestivo. Se identificaron dieciocho tipos de polímero con diámetros entre 7 y 5000 µm mediante infrarrojos por transformada de Fourier (µ-FT-IR) siendo el cloruro de polivinilo (PVC) y el rayón los más abundantes. La	Ding, et al. (2021)
Mejillón (Mytilus galloprovincialis)				
ostra (Crassostrea gigas)				



almeja ( <i>Ruditapes philippinarum</i> )	proceso de disección de las especies	abundan en este ecosistema	investigación de Ding, manifestó que la almeja y el mejillón tienen mayor eficacia al ser usadas como bioindicadores, debido a que estas especies pueden reflejar mejor la variabilidad de los tipos de contaminantes en las diferentes áreas del ecosistema.	
<i>Prochilodus lineatus</i>	En el estudio se usó 2 especies de peces, tuvo como objetivo analizar y comparar la concentración de Cadmio (Cd) en los tejidos de <i>Prochilodus lineatus</i> y <i>Serrasalmus marginatus</i> , con el fin de evaluar a la especie acanthocephalan como bioindicador ambiental y su bioacumulación de Cd. Los tejidos fueron analizados por medio de espectroscopia de absorción atómica.	Analizar y comparar la concentración de Cadmio (Cd)	Los resultados revelaron que los parásitos tenían concentraciones más altas que todos los tejidos de <i>S. marginatus</i> , <i>P. lineatus</i> del río Baía y del río Paraná. Las altas concentraciones de Cd en estos parásitos derivaron de su capacidad de bioacumulación, por la absorción de nutrientes directamente del contenido intestinal de los peces a través del tegumento, así como por la presencia de Cd en las aguas superficiales	Duarte, G., et al. (2020)
<i>Serrasalmus marginatus</i>				
<i>Menticirrhus americanus</i>	Esta investigación uso 2 especies de peces, tuvo como objetivo de identificar si las bahías Paraty y Sepetiba estaban contaminadas y que tipos de contaminantes abarcaban en estos ecosistemas, mediante el proceso de disección.	Identificar la calidad de las bahías Paraty y Sepetiba y que tipos de contaminantes abarcaban en	Como resultado se obtuvo que la bahía Paraty estaba en buenas condiciones a diferencia de la bahía Sepetiba, que estaba contaminada por metales. Las especies de peces recolectadas en la bahía mostraron lesiones como levantamiento epitelial, aneurisma y necrosis en las branquias. La investigación de Carvalho permite evidenciar que fue posible determinar que estas especies son aptas	Carvalho, et al. (2020)
<i>Micropogonias furnieri</i>				

		estos ecosistemas	para usarse como bioindicadores para medir el impacto de este tipo de ecosistemas.	
Astyanax aeneus	<p>La investigación tuvo como objetivo usar al pez <i>Astyanax aeneus</i> con el fin de determinar la susceptibilidad y la viabilidad de esta especie, ante diversas concentraciones de metales trazas y sulfato de cobre, se utilizó el método de recolección de muestras en un punto específico y se mantuvieron en acuarios de 80 L a 30°C en un periodo de tres meses, se realizó una prueba de exposición utilizando sulfato de cobre, luego las concentraciones aplicadas fueron (0.5, 0.1, 1.5, 1 y 2 mg/L), después del periodo de exposición se tomaron muestras histológicas y fueron analizadas en un microscopio mediante el proceso de biomarcadores de estres oxidativo.</p>	<p>Determinar la susceptibilidad y la viabilidad de este bioindicador frente a diversos contaminantes</p>	<p>Los resultados demostraron que las concentraciones de Cu provocaron un aumento en la oxidación de los biomarcadores alcanzando un máximo de <math>322,90 \pm 27,4</math> nmol / min / mg de proteína en la concentración de 2 mg / L. Por lo que, este experimento muestra la sensibilidad y potencial uso del pez <i>Astyanax aeneus</i>, demostrando como los metales influyen un estrés oxidativo en esta especie. La investigación de Hinojosa demostró que los cambios en los biomarcadores muestran una acumulación de trazas de metales, por ello se determinó con base en su respuesta fisiológica y bioacumulación de trazas de metales, <i>Astyanax aeneus</i> puede considerarse un buen bioindicador para evaluar la presencia de trazas de metales en los sistemas acuáticos.</p>	<p>Hinojosa, et al. (2020)</p>

<p>Silurus lanzhounesis</p>	<p>Se uso Silurus lanzhounesis con el objetivo de identificar la capacidad de absorcion, depuración acumulación y efectos del arsénico, mediante el proceso de exposición al pez en concentraciones seguras y letales en un tiempo de 96 horas, luego de ello evaluar los efectos.</p>	<p>Identificar la capacidad de absorcion, depuración, acumulación y efectos del arsénico en el ecosistema acuático</p>	<p>Los resultados demuestran que los órganos diana del bagre de Lanzhou son capaces de regular la toxicidad del arsénico mediante mecanismos de regulación interna y la tasa de absorcion y depuración de arsénico a lo largo del tiempo, depende de la concentración y del tejido.</p>	<p>Lian y Wu, (2017)</p>
<p>Pistia stratiotes</p>	<p>La investigación tuvo como objetivo someter la especie Pistia stratiotes a cinco concentraciones de clomazona durante 15 días. El método utilizado fue el de recolección de la especie en el lago Diamantina, el cual no tenía antecedentes de contaminación.</p>	<p>Identificar los efectos de la clomazona</p>	<p>Los resultados, demuestran una notable necrosis en las hojas en la concentración más baja, el área total de la hoja es de (17 cm<sup>2</sup>) y se determinó que el 75% del área foliar se encuentra afectada. La investigación de Ribeiro, demuestra que las concentraciones de clomazona no son letales, pero causa daños morfológicos en la planta, por lo que el uso de Pistia stratiotes como bioindicador confirmarían que los herbicidas afectan notablemente a la especie debido a su alta sensibilidad en las hojas.</p>	<p>Riberiro, et al. (2020)</p>

Wolffia brasiliensis	La investigación tuvo como objetivo utilizar a la especie Wolffia brasiliensis como bioindicador en pruebas de sensibilidad con sustancias de referencia y toxicidad aguda por herbicidas una vez establecido el cultivo (Dicromato de potasio, cloruro de sodio y cloruro de potasio).	determinar la sensibilidad ante herbicidas	La respuesta de toxicidad aguda indicó que W. brasiliensis era extremadamente sensible a diquat (LC50; 7d = 0.07 mg L-1) y paraquat (LC50; 7d <0.05 mg L-1), sensible a imazapyr (LC50; 7d = 21,10 mg L-1), y poco sensible a los demás herbicidas. La capacidad de respuesta para los diferentes grupos de herbicidas, la respuesta estandarizada a sustancias de referencia y la facilidad de cultivo en el laboratorio indican el potencial del uso de esta planta acuática en la evaluación del riesgo de herbicidas en ambientes acuáticos, debido a que las hojas presentan una deterioración notable con el pasar de los días.	Pereira, et al. (2019)
S. montevidensis	Este estudio tuvo como objetivo evaluar la capacidad de bioindicación y fitorremediación de la macrófita acuática Sagittaria montevidensis, utilizándola para evaluar la bioconcentración y translocación de metales pesados, se realizó un muestreo simple en cuatro sitios en la región de Pelotas, sur de Brasil, donde se recolectaron plantas, agua y sedimentos. La determinación de los elementos Cr, Cu, Pb, Ni y Zn	Evaluar la bioconcentración y translocación de metales pesados	El estudio de macrófitas indicó un factor de bioconcentración (BCF) y un factor de translocación (TF), especialmente para el Ni. Los resultados mostraron que la especie de macrófitas acuáticas S. montevidensis tiene capacidad de Fito extracción, principalmente de Ni, y potencialmente de bioindicación de Cu, Ni y Zn.	Ferrer, et. al (2017)

	en los extractos se desarrolló mediante espectrometría de absorción atómica de llama.			
Calamagrostis rígida	Esta investigación tuvo como objetivo utilizar dos bioindicadores para identificar la capacidad de absorción, bioacumulación y fitorremediación de los metales presentes en los ecosistemas acuáticos	Identificar la capacidad de absorción, bioacumulación y fitorremediación	En Calamagrostis rígida y en Myriophyllum quitense, se encontró una mayor acumulación de metales pesados en los tejidos de las raíces que en la biomasa aérea. La mayor acumulación de cadmio (7,93 mg kg-1) fueron obtenidas en las raíces de C. rígida procedente de la laguna Yuracmayo. Una mayor acumulación de cobre (96,43 mg kg-1) fue registrada en C. rígida de la laguna Quiulacocha. Las mayores concentraciones de plomo (160,15 mg kg-1 MS) y de zinc (597,40 mg kg-1 MS) fueron obtenidos en las raíces de C. rígida de la laguna Yanamate. M. quitense fue registrada solamente en la laguna Ticticocha y en sus tejidos se obtuvieron los menores valores de acumulación de cadmio, cobre, plomo y zinc en comparación con C. rígida, y se considera como una especie bioindicadora de contaminación del agua con metales pesados.	Peña, et. al (2017)
Myriophyllum quitense				
Oreochromis niloticus	Pez tilapia se usó para evaluar y determinar la toxicidad de los metales hacia esta especie	Identificar y determinar la toxicidad de los metales	Los resultados demostraron que los metales no solo dependen de sus características sino también del medio biótico en el que el pH actúa notablemente en la solubilidad de Cu y Cd, por lo que la toxicidad de la tilapia es mayor en una concentración de Cu que de Cd y todo depende del medio biótico en que se estudió.	Motta, et. al (2017)

Chironomidae	Esta investigación utilizo 2 macroinvertebrados bentónicos con el objetivo de identificar la acumulación de oligoelementos.	Identificar la capacidad de bioacumulación de oligoelementos	La cantidad de elementos en sedimentos e invertebrados macro bentónicos fue mayor para el lago Dimon, lo que sugiere un mayor flujo a través de la precipitación de contaminantes de las tierras bajas. Los valores de BAF disminuyeron con el aumento de la concentración de oligoelementos en el sedimento, lo que indica mecanismos de excreción de elementos en la biota donde el medio ambiente está contaminado. Este estudio es el primero en informar sobre el uso de invertebrados macrobentónicos para monitorear oligoelementos en los lagos alpinos.	Pastorino, et al. (2019)
Oligochaeta				
Corbicula fluminea)	Este estudio como objetivo identificar y determinar la capacidad de acumulación de micro plásticos, por lo que se monitoreo 21 puntos críticos de la cuenca, en el periodo de agosto-octubre.	Identificar y determinar la capacidad de acumulación de micro plásticos	Se encontraron concentraciones que oscilaban entre 0,3 y 4,9 g, se encontró que las microfibras fueron el contaminante más predominante, representando un 60 % del 100% de las almejas en toda la zona de estudio. La excesiva contaminación de micro plásticos era representada por diferentes tamaños y colores que se presentaban en las almejas, reflejando así su variabilidad en un ecosistema acuático dulce	Lei, et al. (2018)
Palaemonetes argentinus	Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad de la especie para mostrar la degradación ambiental causada por los metales (Ag, Al, B, Pb, Hg) y aguas residuales presentes en este ecosistema acuático, para	Determinar la degradación ambiental por metales	Los niveles más altos fueron (11177 ± 129 mg kg-1346 dw), S6 (9960 ± 5 mg kg-1 dw) y S3 (9914 ± 1097 mg kg-1347 dw), y los más bajos fueron (7795 ± 539 mg kg-1 dw) y S7 (7991 ± 379 mg kg-1348 dw). Se demostró una correlación significativa entre la especie y los metales a los que fue expuesto, cambiando su fisiología y presentando un	Bertrand, L. et al. (2018)

	esto se realizó un monitoreo de 96 hrs de exposición en 7 puntos críticos de la cuenca del río Ctalamochita		aumento de enzimas antioxidantes, lo cual sugiere un estrés oxidativo en la especie.	
Pez ( <i>Acestrorhynchus lacustris</i> ) / (Larvas - <i>Contracaecum</i> )	Esta investigación tuvo como objetivo demostrar el uso de parásitos de los peces como bioindicador para monitorear metales mediante el análisis de concentraciones de trece elementos: magnesio (Mg), aluminio (Al), titanio (Ti), cromo (Cr), manganeso (Mn), hierro (Fe), níquel(Ni),cobre (Cu), zinc (Zn), arsénico (As), cadmio (Cd), bario (Ba) y plomo (Pb) a través de la capacidad de bioacumulación de los mismos, utilizando espectrometría de masas de plasma.	Monitorear contaminantes a través de la capacidad de bioacumulación	Doce de los trece elementos analizados fueron afectados en concentraciones al menos 2 veces más altas (por ejemplo, Ni) y fueron hasta aproximadamente 50 veces más altas (por ejemplo, Pb) en los parásitos que, en los tejidos del huésped, incluidos los elementos conocidos por su alta toxicidad (As, Cd, Pb) y los considerados ser esencial (Cu y Zn). Nuestros resultados sugieren que <i>Contracaecum</i> sp. Las larvas se pueden utilizar como bioindicadores de contaminación por metales porque incluso en las primeras etapas de desarrollo, se acumularon numerosos elementos esenciales y no esenciales, lo que convierte a este sistema en una herramienta útil para monitorear ambientes contaminados.	Leite, L. et al. (2019)

Odonata	La investigación tuvo como objetivo evaluar las características de bioacumulación de un conjunto de metales en relación a diversas especies de Odonata, así como examinar esta especie como reflejo de salud en humedales	Bioacumulación de metales	Los niveles de (Cd, As, Co, Cr, Cu, Fe, Hg Mn, Pb, Zn) se determinaron a través del uso de espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) en 9 especies de larvas Odonata, y así se evaluó la bioacumulación de estas encontrando que la especie lachnura ramburii de larvas absorbía Cr, Cu, Mn y Zn (BSAF> 1) demostrando ser el indicador adecuado de salud para humedales.	Nasirian, H. et al (2017)
Oreochromis mossambicus	Esta investigación consistió en la exposición de Oreochromis mossambicus a 5 concentraciones distintas de malatión (0.626, 1.252, 2.503, 5.006 y 10.012 ppb) en un periodo de 96 horas. Como parte del estudio se investigó las alteraciones histopatológicas más comunes en los peces mediante la disección	Identificación de toxicidad	Se obtuvo como resultado cambios histopatológicos más comunes en las branquias de los peces expuestos al malatión se caracterizaron por engrosamiento de las laminillas secundarias, hemorragia en las laminillas primarias, revestimiento epitelial en las puntas, aneurisma laminar, levantamiento del epitelio, deformación del núcleo del cartílago, erosión de las laminillas secundarias. , hipertrofia del tejido cartilaginoso, acortamiento de las laminillas secundarias, congestión sanguínea en las laminillas secundarias y rizado de las laminillas secundarias. En última instancia, el estudio reveló que el grado de distorsión de las branquias era proporcional a la duración de la exposición y la concentración, es decir, dependía de la dosis y el tiempo.	Suburraj, A. et al. (2018)
Labeo rohita	La investigación expuso tres especies de peces a		Las especies presentaron cambios fisiológicos notables. En Pangasius hypophthalmus la acumulación de Zn fue mayor	



Pangasius hypophthalmus	concentraciones de (Zn, Pb, Cd, Co, Cu y Fe) con el objetivo de evaluar la bioacumulación de estos metales en los tejidos, para esto se utilizó un espectrómetro de absorción, la concentración de metales fue del orden Fe, Zn, Cu, respectivamente.	Evaluar la bioacumulación	entre (97,71 ± 13,37), Labeo rohita fue la acumulación de Cu (13,80 ± 1,29) y en Katsuwonus pelamis fue la acumulación de Zn (77,02 ± 49,22). La investigación de Pragnya demuestra que usando estos peces como bioindicadores se puede determinar que el agua en Visakhapatnam está por debajo del límite máximo permisible (MPL), pero comparándose con estudios anteriores se concluyó en que la acumulación de metales pesados es baja.	Pragnya, M. et al. (2020)
Katsuwonus pelamis				
Capoeta umbla	Esta investigación tuvo como objetivo de estudio evaluar los efectos tóxicos del biocida (CuSO4.5H2O) en peces de agua dulce Capoeta umbla, al ser sometidos por 96 horas	Evaluar la toxicidad del biocida	Como resultado se obtuvo que los peces presentaron cambios significativos a nivel hepático y renal, demostrando que el biocida es altamente peligroso en ecosistemas acuáticos en los sectores agrícolas.	Kirici, M., et al (2017)
Paracentrotus lividus	La investigación comprendió el tema del uso de equinoideos (erizos de mar) como bioindicadores en el mar, con el objetivo de identificar el (Cd), mayormente proveniente de origen industrial y agrícola	Identificar los contaminantes	Se obtuvo como resultado, que las concentraciones de Cd expuestas fueron de 1.0, 1.8, 3.2, 0.32, 0.56, 5.6 y 10,0 mg durante 30 min lo que provocó una reducción significativa de la capacidad fertilizante de los espermatozoides en todas las dosis. La investigación de Chiareli, demuestra que es esencial analizar todos los aspectos que podrían amenazar la calidad de este ecosistema acuático, y que al usarse estos biomarcadores se puede determinar un perfil toxicológico de cada contaminante a partir de los gametos de los mismos.	Chiarreli, R., et. al. (2019)
Porphyra lucassi (alga roja)	La investigación se centra en el uso de macrofitas como	Identificar y determinar la	Se detectaron metales, arsénico, cobre, plomo y zinc en todas las macrofitas evaluadas, pero los niveles difirieron	Farias, D., et. al. (2018)

Grateloupia turuturu (alga roja)	bioindicadores, en donde se recolectaron muestras de 13 sitios en el estuario de Derwent, Tasmania y se colocaron a diversas concentraciones de (As, Cu, Pb y Zn)	capacidad de absorcion de los metales	entre las especies. Los pastos marinos acumularon las concentraciones más altas de todos los metales; siendo los niveles de Zn particularmente altos en los pastos marinos Ruppia megacarpa (del estuario superior) y se detectó Pb en Zostera muelleri (del estuario medio). Ulva australis era ubicua en todo el estuario medio-bajo y acumuló Zn en concentraciones relativamente altas. Los hallazgos sugieren que el análisis de múltiples especies puede ser necesario para una comprensión integral de la contaminación por metales en todo el estuario.	
Gracillaria sp. (alga roja)				
Pyropia columbina (alaga roja)				
Scytosiphon lomentaria (marron)				
Ecklonia radiata (marron)				
Undaria pinnatifida (marron)				
Ulva australis (verde)				
Ulva compressa (verde)				
Zostera muelleri (pasto marino)				
Zostera nigricaulis				
Ruppia megacarpa				

<p>Polymesoda expansa (almeja de los pantanos)</p>	<p>La investigación se enfoca en el uso de estas almejas para la filtración de partículas suspendidas en el ambiente acuático cercano a áreas industriales, específicamente en el río Kelantan, se recolectaron 80 almejas de 4 diferentes puntos.</p>	<p>Determinar la cantidad de metales presentes mediante la filtración y absorción</p>	<p>Mediante la espectrometría de plasma se encontraron dentro de este bioindicador: Cobre, hierro, cromo, zinc, cadmio y plomo. Con una CL/50 de (Cr 45,03 µg/g; Fe 1,28 µg/g; Cu 21,8 µg / g; Cd 1,15 µg/g ; Pb 2,31 µg/g; Zn 898 µg/g). La cantidad de metales permisibles fue excedida en esta zona, por lo que este sector debe ser monitoreado.</p>	<p>Chuan, O., et. Al. (2017)</p>
<p>Enhalus acoroides (pastos marinos)</p>	<p>La investigación consiste en determinar el potencial como bioindicador de los pastos marinos en la zona especificada, se recolectaron en Merambong</p>	<p>Evaluar el ecosistema marino impactado por metales mediante absorción de los mismos</p>	<p>Se utilizó un digestor de microondas y se analizó mediante espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente. Dando como resultado los siguientes rangos: Cd (0.05–0.81), Cu (1.62–27.85), Ni (1.89–9.35), Pb (0.69–4.16) y Zn (3,44–35,98). Revelando que la planta presenta una hiperacumulación de esta traza de metales.</p>	<p>Nordiani, S., et. Al. 2018.</p>
<p>Ceratophyllum demersum (planta)</p>	<p>Esta investigación utiliza la planta acuática, probándolo como bioindicador pasivo de contaminación por traza de metales</p>	<p>Determinar la capacidad de bioacumulación</p>	<p>Se analizaron distintos tipos de intensidad de actividad antropogénica y se calculó el índice de contaminación. Dando como resultados que el factor de bioacumulación que excedió el índice de 103 para Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Rb y Zn los cuales mostraron una capacidad de absorción de metales traza considerablemente alta de <i>C. demersum</i> y lo convierte en un buen acumulador de metales.</p>	<p>Klink, A., et. Al. 2018</p>

<p>Microalgas epífitas (perifiton)</p>	<p>Esta investigación se centra en el río Brantas, Java oriental. Utilizando un muestreo en tres sitios, se tomaron muestras en un cuadrante de 5x5 y luego fueron identificadas por el método de recuento</p>	<p>Analizar la estructura de la comunidad de microalgas y analizar el estado de salud del río</p>	<p>Los resultados mostraron que la comunidad de algas se encuentra en equilibrio, hay 6 divisiones de 59 géneros distintos. La abundancia varía entre 242,800-1,229,174 células. cm<sup>-2</sup>, el índice de abundancia relativa del perifiton varía de 3-60% (sitio 1), 9-57% (sitio 2), 1-62% (sitio 3), el índice de diversidad varía de 1.212-2.617 (moderado), el índice de uniformidad varía de 0.307-2.151 (alto), el índice de dominancia varía de 0.105-0.549 (moderado) y el índice sapróbico varía de 0.18 a 0.55.</p>	<p>Arsad, S., et. Al. 2021</p>
<p>Langostino oriental (Melicertus plebejus)</p>	<p>Esta investigación busca utilizar la biota propia del lugar como centro de estudio, para así determinar la traza de metales contaminantes y realizar un monitoreo correspondiente. Este estudio se dio en la zona costera de Moretón Bay, ubicadas en 7 regiones biogeoquímicas.</p>	<p>Bioacumulación de metales en los tejidos</p>	<p>Los resultados demuestran que Cd, Cu, Pb y los elementos de tierras raras fueron los trazadores más confiables para diferenciar los ambientes cercanos a la costa y en alta mar, y los efectos basados en la captación. La concentración de plomo en los tejidos de los langostinos fue mayor.</p>	<p>Munroe, S., et. Al. 2018</p>
<p>Cangrejos de río</p>	<p>Esta investigación consiste en evaluar fármacos en muestras de cangrejos de río del Parque Nacional de Doñana, en el que existen fuentes contaminantes en el lago.</p>	<p>Determinar los residuos múltiples</p>	<p>A través de la determinación de residuos múltiples se llevó a cabo mediante extracción enzimática asistida por microondas antes de la detección por espectrometría de masas por cromatografía líquida de alta resolución. Se demostró un claro riesgo ecotoxicológico para el ecosistema por la ocurrencia de ciprofloxacino en muestras obtenidas</p>	<p>Kazakova, J., et. Al. 2021</p>

			luego de la presencia puntual y masiva de personas dentro del Parque	
Esponjas marinas	Esta investigación se centra en la utilización de invertebrados acuáticos, como seguimiento de la contaminación acuática y la evaluación de riesgos	Exposición "in vivo" para la evaluación de roturas de hebra de ADN	Se demostró que la bioacumulación de metal de hasta 100 veces en los tejidos de esponja es mayor que la acumulación en el sedimento y el agua justifica que las esponjas sean excelentes especies de bioindicadores.	Ununuma, R. 2018
Embriones de erizo de mar	Esta investigación evaluó el efecto del agua de mar contaminada y no contaminada, de diferentes áreas costeras de Túnez, sobre los eventos de fertilización, gastrulación y desarrollo larvario-embriionario de erizos de mar ( <i>Paracentrotus lividus</i> )	Analizar las características fisicoquímicas del agua de mar	Los resultados demuestran la ausencia total de larvas normales de erizo de mar pluteus en las aguas marinas de sitios muy contaminados demuestra la gran sensibilidad de la frecuencia larvaria a la contaminación mixta. Se recomienda la utilidad de las tasas de fertilización y gastrulación de los erizos y las frecuencias de larvas normales de pluteus como bioensayos útiles para monitorear la exposición de los ecosistemas marinos a la contaminación mixta.	Gharred, C. et.al. 2021
Invertebrados bentónicos	Esta investigación se centra en estimar la biodiversidad y abundancia de esta especie y determinar su uso como bioindicadores en las lagunas andinas del Peru	Analizar las diferencias significativas	Se reportó una mayor correlación de los insectos, bivalvos, gasterópodos y oligoquetos, respecto a valores elevados de conductividad, pH, temperatura y oxígeno disuelto.	Tapia, L. et. al. 2018

Hifomicetos	Esta investigación se enfoca en evaluar esta especie como bioindicador de la calidad acuática en el río Chirgua	Evaluar la especie como indicadores de calidad del agua, al variar su presencia y concentración de conidios en función a la afectación ambiental.	Como resultados mensuales se determinaron parámetros físico-químicos (O <sub>2</sub> , conductividad, pH, temperatura y sólidos totales), nutrientes (SO <sub>4</sub> -2, PO <sub>4</sub> -3, NO <sub>2</sub> -2 y NO <sub>3</sub> -3), coliformes (totales y fecales) y hifomicetos acuáticos (riqueza y conidios/mL). Se registraron 44 especies, 42 (20 exclusivas). En el sector afectado disminuyó el número de especies y concentración de conidios en función del incremento de coliformes (totales y fecales), en comparación con la zona no afectada.	Fernández, R. et. Al. 2017
Familia Chironomidae ( <i>Orden Díptera</i> )	La investigación pone en evidencia la necesidad de trabajar a niveles taxonómicos más precisos. Se procesaron 28 muestras de macroinvertebrados en la cuenca de Río gallegos	Identificación de géneros que aportan a la calidad de ecosistemas acuáticos	Se identificaron un total de 10 géneros de insectos quironómidos, de los cuales 5 pertenecen a la subfamilia Orthoclaadiinae, 2 de Tanypodinae y 3 de Chironominae. Estas regulan su ecosistema natural, y sirven como bioindicadores de la calidad del agua.	Sierpe, C. et. Al. 2019
Parásitos	La investigación se centra en la mayoría de patógenos que existen en esta zona debido a los residuos fecales aldeanos. Por lo que se busca hacer una revisión de literatura exhaustiva de los parásitos como indicadores de contaminantes en la zona	Identificación del indicador de calidad más utilizado en América latina	los resultados no reflejan integralmente las condiciones ambientales de las playas y el riesgo de afectación a la salud humana. En esta revisión se analizaron cuarenta y dos artículos (42) de América Latina, así como literatura especializada de Europa y Estados Unidos, en los cuales se presentan argumentos que respaldan la inclusión permanente de parásitos como indicadores de calidad	Manjarrez, G. et.al. 2019

			sanitaria tales como Ancylostoma sp., Strongyloides sp. y Taxocara sp.,	
Macroinvertebrados bentónicos	La investigación se centra en el uso de esta especie para la identificación de contaminantes en el río Sardinas, Quito	Análisis de las especies en ecosistema acuático de agua dulce	Se recolectaron un total de 526 individuos pertenecientes a 5 clases, 13 órdenes y 38 familias; 31 en época lluviosa y 30 en época seca. La familia más abundante en lluvias fue Leptophlebiidae, 34 especímenes (12,8%); en la estación seca, la más representativa fue Chironomidae con 45 individuos (17,2%).	Machado, V. et.al. 2018
Algas Fito planctónicas	La investigación se centra en que los relaves mineros afectan directamente las lagunas aldeñas a zonas mineras en Cerro de Pasco. Por lo que se demuestra el uso eficaz de la misma	Análisis de la concentración de metales	El phylum más frecuente fue Bacillariophyta (69.16%) seguido de Chlorophyta (24.26%). Los índices bióticos permiten determinar que Yanamate, Lacsacocha, Quiulacocha y Milpo Andina presentaron aguas de mala calidad, mientras que el cuerpo de agua de la laguna Huaroncocha presentó calidad biológica óptima.	Baylon, C. 2018

**Fuente:** Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, AGUILAR BOLUARTE BRYAN DANIEL, MARTIN ESPINOZA KAREN INGRID estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "REVISIÓN SISTEMÁTICA: TIPOS DE BIOINDICADORES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
AGUILAR BOLUARTE BRYAN DANIEL <b>DNI:</b> 76271520 <b>ORCID</b> 0000-0002-3781-2059	Firmado digitalmente por: BAGUILARBO23 el 23-12-2021 11:16:28
MARTIN ESPINOZA KAREN INGRID <b>DNI:</b> 70302965 <b>ORCID</b> 0000-0002-5579-4915	Firmado digitalmente por: KMARTIN el 23-12-2021 13:25:23

Código documento Trilce: INV - 0586591