

# Estudio retrospectivo bibliográfico multidisciplinario de las investigaciones ecotoxicológicas desarrolladas en Ecuador hasta el 2022

Mantuano-Eduarte A.S.<sup>1</sup>; Valarezo-Quiroz G. G.<sup>1</sup>;  
Cedeño-Cuenca F.M.<sup>1</sup>; Quijije-López L.J.<sup>1,2</sup>

## Resumen

Las investigaciones en toxicología han sido insuficientes en el Ecuador, a pesar de los casos reportados de productos alimenticios, particularmente de origen pesquero, con niveles de contaminantes que superan ampliamente los límites permitidos para consumo humano. Por ello, surge la necesidad urgente de información para prevenir y solucionar la problemática ambiental que origina esta situación. El objetivo de este estudio fue recopilar documentos y estudios relacionados a la ecotoxicología que se han desarrollado en el territorio ecuatoriano, contenidos en la literatura gris y científica. Se registraron datos como el año de publicación, la región, el lugar de ejecución, objeto de estudio, ambiente, el riesgo de contaminación por componentes químicos (metales pesados), físicos (microplásticos) y biológicos (coliformes), lo que facilitó comparar estos resultados con fuentes nacionales e internacionales, y evaluar el nivel de bioacumulación en los organismos registrados. El año 2016 tuvo la mayor cantidad de trabajos de investigación en la costa ecuatoriana, siendo los organismos de ambientes acuáticos los más analizados. Se identificó cantidades muy elevadas de contaminantes en varios de los modelos de bioensayo y ambientes reportados en el país, los cuales pueden terminar en el ser humano al momento de ingerir alimentos de origen animal o vegetal no tratados correctamente. En Ecuador, muchos de los trabajos toxicológicos registrados pertenecen a la literatura gris, limitando el alcance de resultados entre profesionales e instituciones de control que regulan los niveles de toxicidad y contaminación en los ecosistemas naturales. La flora y fauna han sido los mayormente perjudicados, pero la salud de la población ecuatoriana debe añadirse, ya que sufre enfermedades y padecimientos que pueden ser mortales por la ingesta indirecta de diversos contaminantes en los alimentos.

**Palabras clave:** Ecotoxicología, bioacumulación, bioensayos, coliformes, contaminación, metales pesados, microplásticos, sedimentos, toxicidad.

## Multidisciplinary Retrospective Bibliographic Study of Ecotoxicological Research Conducted in Ecuador until 2022

### Abstract

Research in toxicology has been insufficient in Ecuador, despite the reported cases of food products, particularly those derived from fisheries, with levels of contaminants that widely exceed the limits allowed for human consumption. Therefore, there is an urgent need for information to prevent and solve the environmental issues causing this situation. The objective of this study was to collect documents and studies related to ecotoxicology that have been developed in the Ecuadorian territory, contained in the gray and scientific literature. Data such as the year of publication, region, location of the study, object of study, environment, the risk of contamination by chemical (heavy metals), physical (microplastics) and biological (coliform) components were recorded, which made it easier to compare these results with national and international standards and evaluate the level of bioaccumulation in registered organisms. The year 2016 had the largest number of research studies on the Ecuadorian coast, being the aquatic organisms the ones of greater concern. Very high amounts of contaminants were identified in several of the bioassay models and environments reported in the country, which can end up in humans when consuming foods of animal or vegetable origin that are not properly treated. In Ecuador, many of the registered toxicological studies belong to the gray literature, limiting the scope of results among professionals and control institutions that regulate the levels of toxicity and contamination in natural ecosystems. The flora and fauna have been the most affected, but the health of the Ecuadorian population must be added, since it suffers from diseases and conditions that can be fatal due to the indirect intake of various contaminants in food.

**Keywords:** Ecotoxicology, bioaccumulation, bioassays, coliforms, pollution, heavy metals, microplastics, sediments, toxicity.

**Recibido:** 22 de julio de 2023

**Aceptado:** 20 de noviembre de 2023

<sup>1</sup> Carrera de Biología, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

<sup>2</sup> Grupo de Investigación en Ficológia FICOMAR, Carrera de Biología, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador

**Luber Quijije-López:** [luberquijije@uleam.edu.ec](mailto:luberquijije@uleam.edu.ec) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4153-7261>.

**Adrian Mantuano-Eduarte:** [adrianmantuano98@gmail.com](mailto:adrianmantuano98@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-0101-1024>

**Génesis Valarezo-Quiroz:** [genesis.valarezo25@gmail.com](mailto:genesis.valarezo25@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-4605-1351>

**Fátima Cedeño-Cuenca:** [fatimacede@gmail.com](mailto:fatimacede@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-3000-3188>

## I. INTRODUCCIÓN

La toxicología ambiental o ecotoxicología aborda la exposición accidental de tejidos a contaminantes en el medio ambiente, estudiando causas y efectos sobre las propiedades de sustancias tóxicas de origen natural o antropogénico, inclusive las condiciones y restricciones de seguridad en la manipulación de productos inorgánicos (Paoliello y De Capitani, 2000; Botello et al, 2005). La enfermedad de Minamata, como caso de estudio provocada por mercurio, y la disminución de las poblaciones de aves silvestres impactadas por acción de los plaguicidas clorados, son ejemplos típicos del impacto antropogénico generado por actividad humana (Newman, 2001; Yacuzzi, 2008; Muñoz et al, 2016).

La creciente urbanización y la intensificación de la industrialización como parte de la actividad humana han llevado a su vez a la producción y uso de sustancias químicas que muchas veces son desechadas al medio (Carriquiriborde, 2021). En este sentido, los estudios ecotoxicológicos pueden llegar a ser un primer aviso para un problema de contaminación antes de que este ocurra, además de monitorear niveles de toxicidad ya existentes (Calow, 1989). Los bioensayos o ensayos ecotoxicológicos son experimentos de laboratorio que buscan identificar sustancias o materiales en el ambiente que causan daño a los organismos vivos. Estos ensayos consisten en exponer un organismo modelo a un contaminante y luego observar cómo afecta su comportamiento, supervivencia, crecimiento, reproducción y alimentación a lo largo del tiempo, con el objetivo de determinar su respuesta ante dicha exposición (Araújo et al., 2014).

Varios estudios han demostrado que los metales pesados, como el cadmio (Cd) y el plomo (Pb), son una fuente importante de contaminación para animales y su presencia en el medio ambiente a menudo supera los límites establecidos por regulaciones nacionales e internacionales. Esto puede tener efectos graves en la salud y supervivencia de las especies afectadas (Cedeño y Aruajo, 2016; Oviedo et al., 2017; Pernía et al., 2018; Muyulema et al., 2019; Galarza et al., 2022). La contaminación por mercurio en peces también se ha registrado dentro del Ecuador y, aunque solo 6 especies han presentado niveles detectables de Hg en sus organismos, son de las concentraciones más altas registradas en Latino América (Canham et al., 2021). Los microplásticos también son contaminantes que

son ingeridos accidentalmente por los organismos, lográndose demostrar en varios estudios que se acumulan mayormente en el tracto digestivo de los animales, generando daños en los tejidos, cambiando el comportamiento e inclusive alterando la producción de gametos (Jovanovic, 2017; Rochman et al., 2013; Sussarellua et al., 2016; Domínguez, 2019).

A pesar de que Ecuador propuso un marco regulatorio ambiental con normas para limitar las descargas de contaminantes en cuerpos de agua y en los que se encuentran en organismos vivos (Normas Tulsma – Ecuador, 2017; INEN, 2013; Alcívar et al., 2016), esto no siempre se respeta, como se ha evidenciado que diversas industrias, inclusive hospitales, generan grandes cantidades de residuos líquidos conteniendo sustancias químicas u orgánicas, así como los desechos que las personas suelen arrojar a los baños, desembocan en los medios acuícolas y generan problemas de contaminación para los organismos (Moreira, 2018; Bravo et al., 2016)

Con base a lo antes mencionado, el presente trabajo de revisión bibliográfica tiene como meta recopilar y evaluar los resultados de investigaciones ecotoxicológicas, enfocándose en el riesgo de componentes físicos, químicos y biológicos realizados en los ecosistemas y organismos del Ecuador, organizando datos sobre los lugares y el periodo de tiempo donde se realizaron, además del impacto de estas publicaciones, identificando los peligros de la toxicidad mediante los análisis realizados por otros investigadores y contrastando las fuentes de contaminación que afectan a los seres vivos así como en los ecosistemas.

## II. Metodología

La revisión bibliográfica permitió realizar indagaciones sobre publicaciones científicas desarrolladas en el Ecuador, basada en datos de factores químicos, físicos y biológicos, además, del nivel de impacto regional o mundial de los artículos y el efecto ecotoxicológico generado en los diversos sistemas naturales del país, recopilando información de investigación básica. La investigación fue de tipo cualitativo, con un proceso inductivo para recolectar, extraer, analizar, describir los datos y el conocimiento adquirido en una búsqueda de documentación pública (literatura gris) y de carácter científico.

Se utilizaron bases de datos como Google académico, ScienceDirect, Scielo, Dialnet, SJR, para la búsqueda de

literatura como fuentes confiables; además, de literatura gris como tesis de pregrado y postgrado (maestrías), que cumplieron requisitos como tema, alcance de los objetivos, calidad de los resultados y de la literatura citada. Se consideró publicaciones evidenciadas en la web hasta el año 2022 y el uso de palabras claves como “ecotoxicología”, “evaluación”, “ecuador”, “toxicidad”, “sedimentación”, “bio-acumulación” y “contaminación”. El total de trabajos encontrados fue de 121, de los cuales se excluyeron 21 debido a que no cumplieron con los requisitos establecidos, quedando un total de 100 trabajos. Los datos fueron ordenados en una matriz de Excel y los análisis descriptivos, gráficos y mapas se ejecutaron en el software R, considerando datos como la región, provincia y el ecosistema donde se efectuaron los proyectos, además, año de publicación, tipo de revista, nivel de impacto, igualmente el modelo de bioensayo y la institución de educación superior. Asimismo, los estudios de ordenaron de acuerdo con el riesgo del componente, fueran estos químicos, físicos y biológicos, además, permitió comparar los límites permisibles de bioacumulación de metales pesados a nivel nacional e internacional.

### III. Resultados y Discusión

#### 3.1. Documentos evaluados por tipo de fuente

Del total de 100 documentos evaluados, 64 fueron desarrollados en el Ecuador y corresponden a literatura gris (trabajos de pre y postgrado), mientras que los

36 restantes pertenecen a literatura científica, como artículos publicados en revistas. Este limitado registro de literatura indexada puede restringir el acceso a información de alta relevancia. La publicación de un proyecto representa una manera de autoevaluarse a nivel personal e institucional, garantizando la calidad de un artículo, fomentando la divulgación científica y promoviendo la aplicación de políticas gubernamentales que generen un cambio positivo a una problemática (Gonzales y García, 2008; Rojas, 2008; Ávila y Martínez, 2012). Los autores con mayor número de publicaciones fueron Pernía Beatriz, Álava Juan José y Pico Lozano Eduardo Xavier, con 3 artículos cada uno, aunque aquellos con mayor impacto fueron Cedeño Macías Luis y Araújo V. M. Cristiano.

De acuerdo con la literatura gris evaluada, 40 de los trabajos encontrados correspondieron a tesis de pregrado (70%), mientras que 19 fueron tesis de postgrado (30%) (Fig. 1). Con respecto a literatura científica, se evidenciaron 25 artículos publicados en revistas regionales (69%) y 11 publicados en revistas de alto impacto (31%). Las revistas regionales son poco visitadas y valoradas, pero resultan en una opción para investigadores que cubren un espacio que las internacionales no proporcionan. No obstante, es recomendable publicar en revistas con un alto índice de impacto debido a que son las más consultadas y los resultados pueden llegar a más personas que contribuyan al desarrollo de las investigaciones científicas (Urcelay y Galletto, 2011).

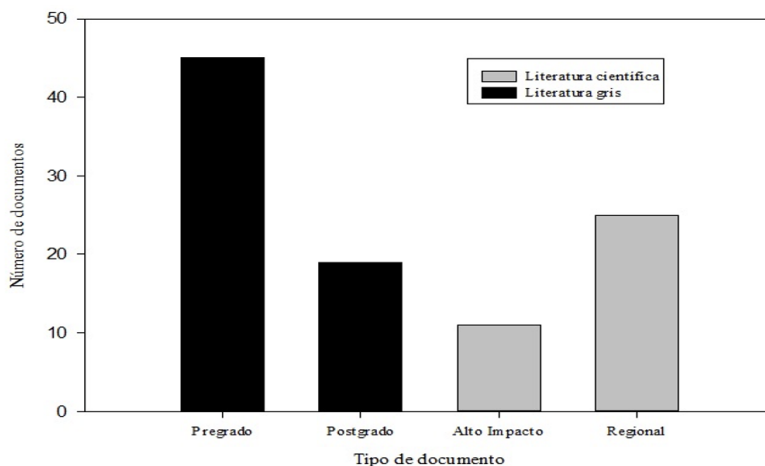


Figura 1. Trabajos evaluados por tipo de publicación

Respecto a la proporción de artículos publicados en revistas de alto impacto que se clasificaron por cuartiles, hubo 1 artículo en revistas del cuartil 1 - Q1 (10%), 4 en

Q2 (40%), 2 en Q3 (20%) y 3 en Q4 (30%).

Las investigaciones registradas en el territorio ecuatoriano permiten observar que 40 corresponden a

literatura gris en la región Costa (62,5%), 18 a la Sierra (28,1%), y 6 al Oriente (9,4%) (Figura 2). Por otro lado, los datos sobre literatura científica también reflejan un

mayor número de artículo para la Costa con 28 (75,7%), Sierra con 5 (13,5%), Oriente 1 (2,7%) y Galápagos tiene 3 (8,1%) (Figura 3).

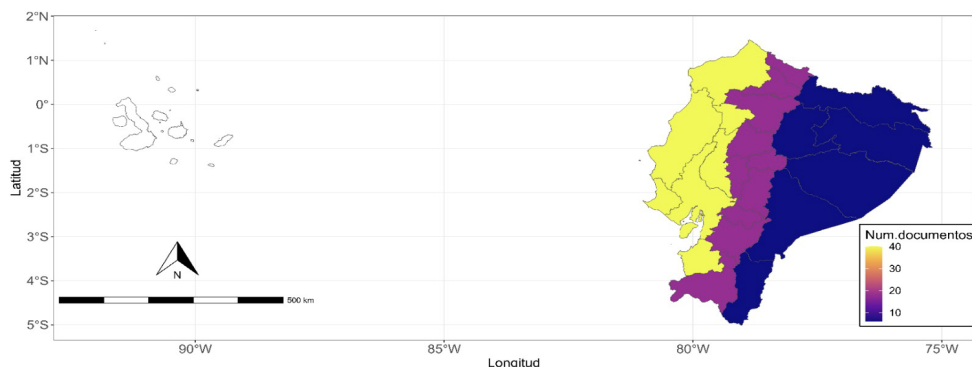


Figura 2. Número de trabajos de literatura gris clasificados por región

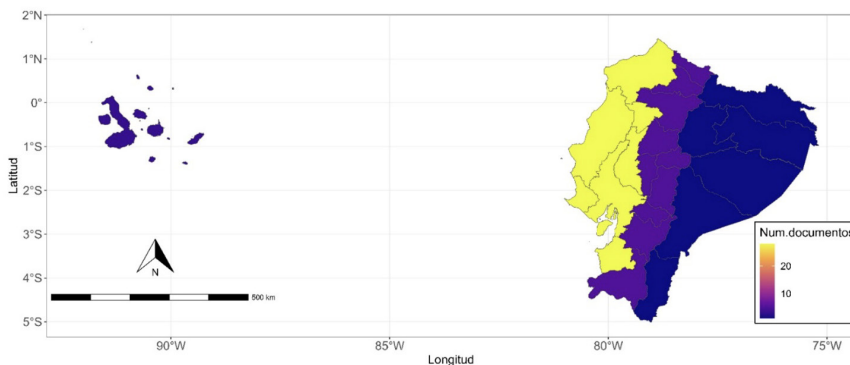


Figura 3. Número de trabajos de literatura científica, clasificados por región

Los ambientes acuáticos han sido más ampliamente estudiados en el país en comparación con los terrestres. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones se encuentran catalogadas como literatura gris en ambos casos (Figura 4). Pernía et al. (2019) determinaron que los principales problemas referentes a la contaminación

de medios acuáticos son factores como las altas concentraciones de metales pesados, residuos tóxicos, coliformes fecales, desechos plásticos, redes de pesca y derrames de hidrocarburos, generando una reducción en la diversidad biológica, así como problemas de salud a la población humana.

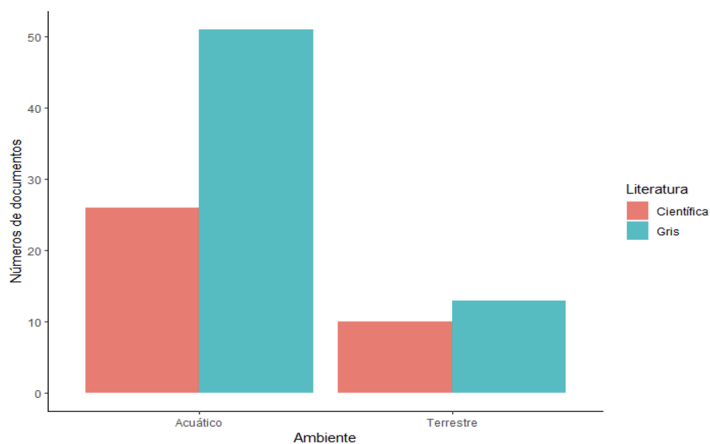


Figura 4. Número de trabajos clasificados por tipo de ambiente

El análisis de la literatura gris destaca el año 2017 como el de mayor auge de trabajos. Por otro lado, la literatura científica muestra un mayor número de

artículos publicados en los años 2016 y 2020. (Figura 5).

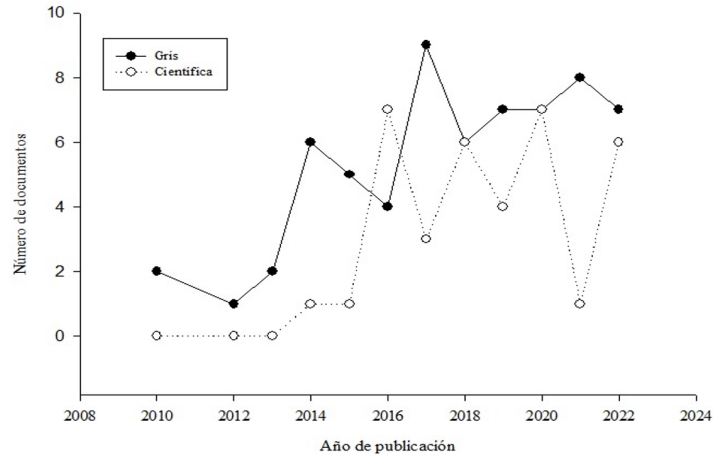


Figura 5. Número de trabajos clasificados por año

Los estudios enfocados a la ecotoxicología se llevaron a cabo en 16 provincias, aquellas que representan la mayor cantidad de trabajos de literatura gris fueron Guayas obteniendo un total de 17 (26,2%), Manabí con 11 (16,9%), Santa Elena junto con Azuay obtuvieron 8

cada uno (12,3%) y Pichincha con 7 (10,8%) (Figura 6). Mientras que la literatura científica se evidenció una alta proporción en Manabí (32,5%), Guayas (15%), El Oro (15%) y Azuay (7,5%) (Figura 7).

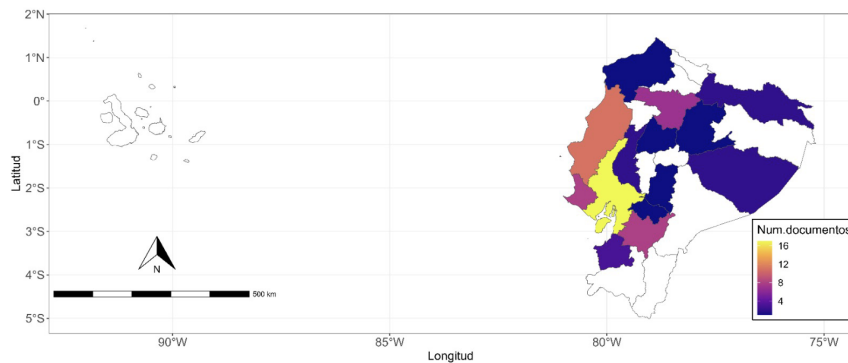


Figura 6. Número de documentos de literatura gris clasificados por provincias

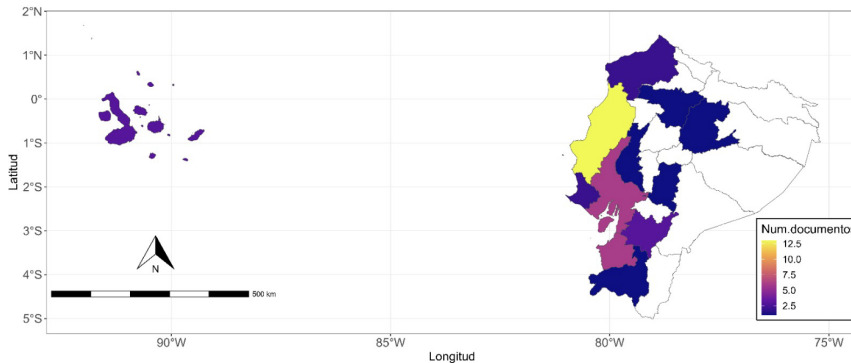


Figura 7. Número de documentos de literatura científica clasificados por provincias

Los trabajos de pregrado y postgrado fueron realizados por 25 instituciones de educación superior (IES), y se demostró que la Universidad de Guayaquil alcanzó el índice más alto con 26,6%, seguido de

la Universidad de Cuenca y la Universidad Estatal Península de Santa Elena con 7,8% cada una y la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí tuvo un 6,3% (Figura 8).

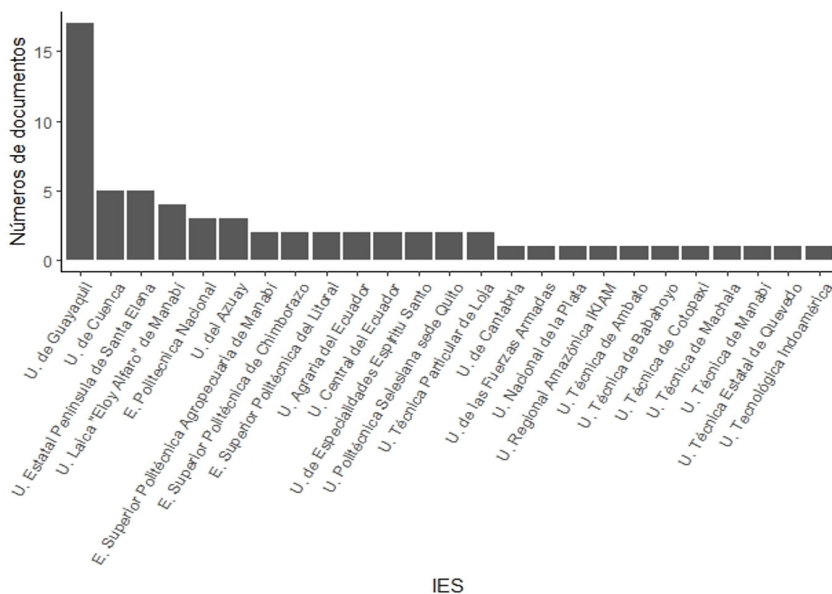


Figura 8. Número de tesis realizadas por institución de educación superior (IES)

La clasificación por riesgo ecotoxicológico nos permite evidenciar que los estudios de literatura gris enfocados en componentes químicos representan el mayor número, con un total de 43 (64,2%), aquellos orientados a componentes físicos y biológicos figuran

con 14 (20,9%) y 10 (14,9%) trabajos respectivamente. Para la literatura científica los artículos orientados a contaminantes químicos son 32 (76,2%), los físicos contienen un total de 7 (16,7%) y biológicos con 3 (7,1%) (Figura 9).

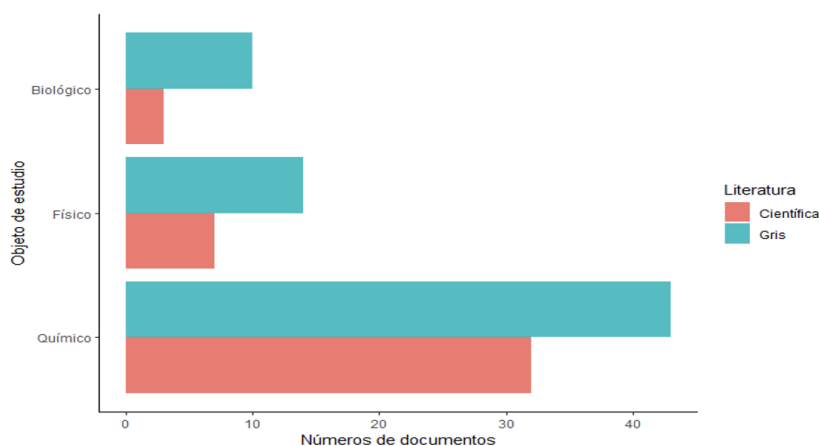


Figura 9. Número de trabajos clasificados por tipo de componente contaminante

### 3.2 Investigaciones de Ecotoxicología por riesgo de componentes químicos.

Los trabajos de ecotoxicología dentro del territorio ecuatoriano enfocados al riesgo por componentes químicos se clasificaron por el objeto de estudio y se

puede apreciar en la Figura 11. Los organismos más utilizados como modelos de bioensayos en literatura científica fueron peces marinos con una cantidad de 5 (16,7%) y peces dulceacuícolas con 3 (10%), seguidos de crustáceos sumando 3 (10%), gasterópodos, bivalvos

y vegetales de agua dulce con 2 cada uno (13,4%). Así mismo, hay 2 documentos donde se aborda el riesgo de contaminación en la población humana (6,7%), y también se analizaron muestras de agua dulce y aire con 2 estudios cada uno (12,6%). Por otro lado, la literatura

gris muestra una cantidad superior en vegetales terrestres, correspondiendo a 11 tesis (22,9%), bivalvos con 6 (12,5%), los crustáceos cuentan con 7 (14,6%), peces de agua dulce 5 (10,4%), y también 8 trabajos en muestras de aguas dulces (16,7%) (Figura 10).

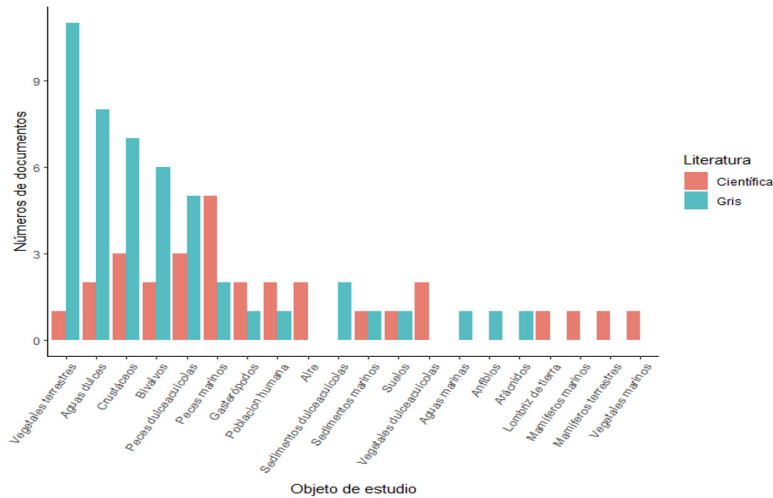


Figura 10. Número de documentos enfocados al riesgo de componentes químicos clasificados por objeto de estudio

Los trabajos ejecutados en Ecuador en su mayoría abordan la temática de la contaminación por metales pesados en diferentes organismos y ambientes, debido a su nula degradación, sus características tóxicas y de bioacumulación, representan un peligro para los medios naturales, pudiendo acumularse en la cadena trófica provocando que varios organismos estén expuestos directamente a ellos, inclusive el ser humano (Wang y Gou, 2000). Muchos organismos de interés comercial en el Ecuador presentan cantidades variadas de distintos metales pesados como Cd, Pb y Hg, estos valores están inscritos por diferentes

documentos donde se evidencia el problema que existe en animales que sirven de alimento para el ser humano, creando también un inconveniente para la población del país. Por tal motivo, se han tomado diferentes cantidades para compararlas con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por normas nacionales e internacionales (Tablas 1 y 2), recogiendo datos tanto de literatura gris como científica, debido a la importancia de conocer los resultados de trabajos que pueden ser de mucha relevancia, aunque no estén publicados.

Tabla 1. Valores de metales pesados reportados en diferentes organismos del Ecuador

Familias	Especies	Autovalores iniciales						Fuentes
		Cd		Hg		Pb		
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	
Peces	<i>Coryphaena hippurus1</i>	0,032	0,022	0,101	0,012	-	-	Villareal et al, 2016
		0,64	0,07	1,6	1,22	0,23	0,13	Cedeño y Araujo
	<i>Thunnus albacares1</i>	2,4	0,23	1,4	1,1	0,07	0,04	
	<i>Katsuwonus pelamis1</i>	-	-	0,59	0,23	-	-	Pico y Cevallos, 2016
	<i>Xiphias gladius1</i>	-	-	3,33	0,46	-	-	Mendoza et al, 2020
	<i>Prionace glauca2</i>	-	-	2,94	0,17	-	-	García, 2014
	<i>Aequidens rivulatus2</i>	-	-	4,03	0,17	-	-	Moreria y Romero, 2018
	<i>Oncorhynchus mykiss2</i>	1,49	0,66	-	-	-	-	Bermeoy Celleri, 2016
<i>Cyprinus carpio2</i>	0,58	0,07	1,33	0,35	-	-		



Gasterópodos	<i>Pomacea canaliculata</i> <sup>1</sup>	1,52	0,15	-	-	-	-	Mero, 2010
	<i>Littorina varia</i> <sup>1</sup>	2,45	0,49	-	-	18,28	4,36	Pernía et al, 2018
	<i>Cerithidea mazatlanica</i> <sup>1</sup>	1,47	0,67	-	-	10,84	5,68	
Bivalvos	<i>Mytella strigata</i> <sup>2</sup>	1,95	1,7	-	-	1,98	1,04	Mero, 2010
	<i>Ostrea columbiensis</i> <sup>2</sup>	8,24	6,25	-	-	5,03	1,96	Castro, 2015
		10,24	1,08	0,75	0,14	-	-	
	<i>Anadara tuberculosa</i> <sup>1,2</sup>	0,033	0,031	0,013	0,013	0,2	-	Cedeño y Zambrano, 2017
		1,68	0,28	364,38	91,39	7,52	0,46	Ayala et al., 2017
	<i>Mytella guyanensis</i> <sup>2</sup>	-	-	-	-	4,18	0,79	Castro, 2017
0,08		-	-	-	-	-	Carrasco y Webster, 2016	
<i>Protothaca asperrima</i> <sup>2</sup>	0,54	-	-	-	0,4	-		

<sup>1</sup>Literatura científica; <sup>2</sup>Literatura gris

Dentro de la categoría de peces marinos, los resultados para el dorado, *Coryphaena hippurus*, muestran que los valores máximos de Cd y Hg superaron los límites tanto para normas nacionales como internacionales; sin embargo, el nivel de Pb se mantuvo bajo. No obstante, en otro estudio hecho para la misma especie los valores de Cd y Hg se mantuvieron por debajo de los niveles permisibles de ambas normas. Para el atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, el

nivel máximo tanto de Cd como de Hg fue mayor a los LMP de ambas normas, aunque la cantidad de Pb no las sobrepasa. Las cantidades obtenidas de Hg para el atún barrilete, *Katsuwonus pelamis*, sobrepasaron ligeramente las establecidas por fuentes ecuatorianas, pero se mantuvieron por debajo de las internacionales (Villareal et al., 2016; Araujo y Cedeño, 2016; Pico y Cevallos, 2016).

**Tabla 2.** Límites máximos permisibles (LMP) de metales pesados reportados en las normas nacionales e internacionales

Parámetros	Límites permisibles					
	Cd		Hg		Pb	
	Ecuador (mg/kg)	Internacional (mg/kg)	Ecuador (mg/kg)	Internacional (mg/kg)	Ecuador (mg/kg)	Internacional (mg/kg)
<b>Peces</b>	0,05	0,1	0,5	1	0,5	0,3
<b>Gasterópodos</b>	1,5	2	0,5	0,5	1,5	1,5
<b>Bivalvos</b>	1	1	1	0,5	3	1,5

**Fuente:** OMS (Díaz, 2014); Food and drugs administration. (FDA, 2010); FAO-OMS, (2012); Reglamento (UE) (2021); INEN (2013); Unión Europea, (2014); Legislación de metales pesados en USA (Díaz, 2014)

Las especies *Xiphias gladius*, *Prionace glauca* y *Aequidens rivulatus* presentaron cantidades muy altas de Hg, excediendo los valores máximos de referencias nacionales e internacionales (García, 2014; Moreira y Romero, 2018; Loo et al, 2020). Estos estudios se realizaron en las provincias de Manabí y Santa Elena. Los resultados para la trucha, *Oncorhynchus mykiss*, que se reportó en la provincia de Azuay, presentó un valor de Cd mayor a los LMP de ambas pautas. La carpa, *Cyprinus carpio*, en la misma provincia registró un máximo de Cd que no incumplía las pautas internacionales, pero si las del país (Bermeo y Célleri, 2016). La toxicidad de metales pesados en peces puede provocar un desequilibrio en las funciones fisiológicas,

el crecimiento y reproducción ocasionando una alta tasa de mortalidad (Pandey y Madhuri, 2014). Por otro lado, también afectan los parámetros bioquímicos, ionoregulatorios y hematológicos; asimismo, su focalización se centra en el hígado y riñones. La toxicidad del Hg se manifiesta dañando el recubrimiento de las branquias, acelerando la respiración, desequilibrio y ocasionando la muerte del pez. De manera similar, el Pb provoca efectos neurológicos y hematológicos (Martínez et al., 2004; Bravo, 2005; Kumari et al., 2016; Zakaria et al., 2016).

En el caso de los gasterópodos, se evidenció que la especie *Pomacea canaliculata* mantiene cantidades de Cd por debajo de las establecidas por



informes internacionales, aunque sobrepasa por muy poco las nacionales. Por el contrario, las especies *Littorina varia* y *Cerithidea mazatlanica* alcanzaron cantidades excesivamente altas de Cd y Pb en la provincia del Guayas, tanto para reglas nacionales como internacionales, demostrando así un problema en el Estero Salado, resultando ser bioindicadores de contaminación en la zona (Pernía et al, 2018; Mero et al, 2019).

Para los bivalvos, la especie *Mytella strigata* presentó niveles altos de Cd en comparación de los LMP de pautas nacionales e internacionales, no obstante, los niveles de Pb resultaron estar por debajo de las normas del país, pero sobrepasan los niveles permisibles internacionales. Dos estudios realizados en la provincia de Guayas y El Oro, enfocados en *Ostrea columbiensis* registraron cantidades de Cd y Pb muy por encima de las establecidas por ambas normas, aunque los valores de Hg solo sobrepasaron las referencias nacionales (Mero, 2010; Castro, 2014). Se ejecutaron 2 trabajos elaborados en las provincias de Esmeraldas y El Oro, usando *Anadara tuberculosa*, pero solo en uno se determinó cantidades excesivas de Cd, Pb y de Hg las cantidades excedían notablemente los límites (Cedeño y Zambrano, 2017; Ayala et al., 2017). En dos estudios en *Mytella guyanensis* realizados en la provincia de Guayas, se evidenciaron valores de Cd que no superan los LMP de fuentes nacionales e internacionales, pero los valores de Pb si las superan. Por otro lado, *Protothaca aspérrima* no presentó niveles de metales pasados que excedieran los límites permisibles (Carrasco y Webster, 2016; Castro, 2017). Los moluscos bivalvos, al ser organismos filtradores, captan accidentalmente metales del medio, acumulándose y dañando sus tejidos y perjudicando a los embriones y a las células sexuales (Corrales, 2015).

En vegetales terrestres también se tienen registros de metales pesados, pues cultivos de maíz (*Zea mays L.*), cacao (*Theobroma cacao L.*), lechuga (*Lactuca sativa*), zanahoria (*Daucus carota*) reportados en las provincias del Guayas, Pastaza y Cotopaxi, mostraron niveles que se mantienen dentro de los límites máximos permisibles y no representan un peligro para la población (Pernía y Condo, 2018; Álvarez, 2020; Calle, 2021; Guevara, 2021).

Los metales pesados pueden terminar en el organismo del ser humano ya sea por su acumulación

en los suelos y fuentes de agua, o cuando se ingieren alimentos contaminados, e igualmente cuando hay comunidades que viven cerca de minas o lugares donde se ha trabajado extrayendo minerales. En provincias como El Oro y Napo, se ha reportado un daño por metales en comunidades debido a actividades mineras, y los riesgos a la salud humana pueden ir desde daños en la piel, en el tracto respiratorio, generando un trastorno renal, provocando depresión, aumento de la sed, letargo y provocando un desarrollo de cáncer (Oviedo et al, 2017; Galarza et al, 2022).

Otros lugares del Ecuador contaminados por metales pesados, como el río Machangara en la provincia de Azuay, el estero Huaylá en la provincia de El Oro, e inclusive en la Reserva Ecológica de Manglares Cayapas-Mataje (REMACAM), provincia de Esmeraldas, son ocasionados ya sea por la actividad minera de la zona o por descargas de fábricas (Narváez, 2014; Gonzales et al., 2018; Mayulema et al., 2019). El caso del río Jintsu en Japón es un ejemplo de daños generados por metales pesados que afectaron a una población cercana, debido a que se alimentaron de arroz con cantidades elevadas de cadmio, producto de la minería, enfermando a los pobladores de Itai-Itai u osteoartritis, alterando principalmente el tejido óseo (Sánchez et al., 2010). En otros estudios también se han asociado al Cd con padecimientos como enfermedades renales, diabetes, anemia, osteoporosis, leucemia y cáncer de mama (Suwazono et al., 2006; Järup y Alfvén, 2004; Schwartz et al., 2003; Henson y Chedrese, 2004; McElroy et al., 2006).

### 3.3 Investigaciones de Ecotoxicología por riesgo de componentes físicos.

Los resultados permitieron evidenciar que, en la literatura gris, el modelo de bioensayo más relevante ha sido con peces marinos, donde se realizaron 7 tesis (36,8%), seguido de peces dulceacuícolas sumando 2 (10,5%), crustáceos e insectos con 1 documento cada uno (21%), además de 2 trabajos usando muestras de agua marina y 2 de agua dulce (10,5%). Mientras que la literatura científica muestra que se han realizado 2 artículos analizando agua dulce (40%), además de ejecutarse 1 trabajo estudiando peces de agua dulce, 1 en crustáceos y 1 también en vegetales terrestres (60%) (Fig. 11).

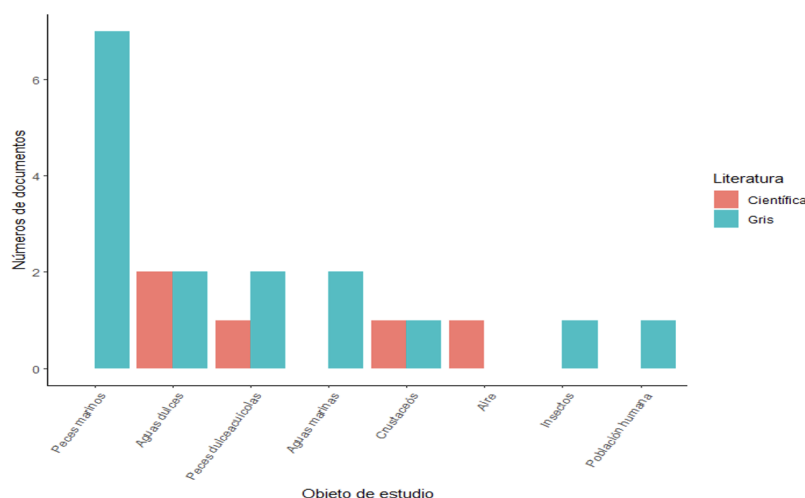


Figura 11. Número de trabajos enfocados al riesgo de componentes físicos clasificados por objeto de estudio

El tema de la contaminación por microplásticos fue el más abarcado, y los resultados evidencian una clara acumulación en diferentes organismos del Ecuador. Las especies de peces marinos donde se comprobó una bioacumulación de microplásticos de acuerdo con la literatura registrada fueron, *Thunnus alalunga*, *Thunnus albaceres*, *Selene peruviana*, *Diplectrum conceptione*, *Scomber japonicus*, *Opisthonema libertate*, *Auxis thazard*, *Lepophidium negropinna*, *Centropomus viridis*, *Cynoscion albus*, *Cathorops fuerthii*, *Pagrus pagrus*, *Coryphaena hippurus*, *Sarda orientalis*, y *Katsuwonus pelamis*, cada uno reportado en las provincias de Manabí, Guayas y Santa Elena. Son muchos los problemas a nivel biológico que pueden tener los organismos por la acumulación de polímeros plásticos, desde cambios en el comportamiento, daños a nivel morfológico, estrés y alteraciones en su desarrollo. Así mismo, varios son de suma importancia comercial, lo que implica que la población del país está expuesta a estos contaminantes (Lino, 2019; Mendoza y Mendoza, 2020; Napa y Cantos, 2020; Flore, 2022; Montenegro, 2021; Villamar, 2022;). También se han reportado microplásticos en las especies de agua dulce *Brycon alburnus* y *Pseudocurimata boulengeri* (Álvarez y Dora, 2021). En Manabí también se detectaron cantidades muy altas de polímeros de plásticos en *Litopenaeus vannamei*, alterando su comportamiento, reduciendo el consumo de alimento y comprometiendo su desarrollo normal en la postlarva, pudiendo esta bioacumulación amplificarse en la red

trófica (Benavides, 2017).

La asimilación de microplásticos por parte de diversos organismos puede resultar en distintos perjuicios en su biología. Al respecto, Jovanovic (2017) determina problemas de bloqueo intestinal, modificaciones histopatológicas en el intestino, daño físico, cambios en el comportamiento de peces, asimismo son muy peligrosos para las primeras etapas de vida, limitando su ingesta de alimentos o a la capacidad de los MP de absorber otros contaminantes. Asimismo, el análisis efectuado por Rochman et al. (2013) logró verificar que la exposición prolongada de MP en peces genera una insuficiencia hepática por lesiones superficiales. De igual manera, Sussarellua et al. (2016) indican que la acumulación de MP en ostras redujo de manera significativa la producción de esperma en machos y ovocitos en hembras, además de retrasar el desarrollo de las crías. El ser humano, al momento de consumir alimentos conteniendo microplásticos, también está expuesto a los daños que esto genera. Al respecto, Zhang et al., (2020) y Browne et al. (2011), revelan que los colorantes dispersivos de fibras de poliéster y acrílico producen dermatitis, inclusive las fibras de MP obtenidas de la inhalación pueden estar relacionadas con el cáncer de pulmón, pues se han encontrado fibras plásticas y celulares en el tejido pulmonar humano e igualmente establecieron que la exposición prolongada de fibras de microplásticos pueden desencadenar enfermedades neurodegenerativas y trastornos inmunes.

### 3.4 Investigaciones de Ecotoxicología por riesgo de componentes biológicos.

Los modelos de bioensayo que representa el número de documentos más alto en la literatura gris son los bivalvos, sumando un total de 4 trabajos (33,3%), luego

están los peces marinos con 3 (25%), igualmente hay 2 donde se analizan efluentes de aguas dulces (16,7%) Sin embargo, la literatura científica solo registra a los bivalvos con 2 artículos (66,7%) y 1 estudio en aguas dulces (33,3%) (Fig. 12).

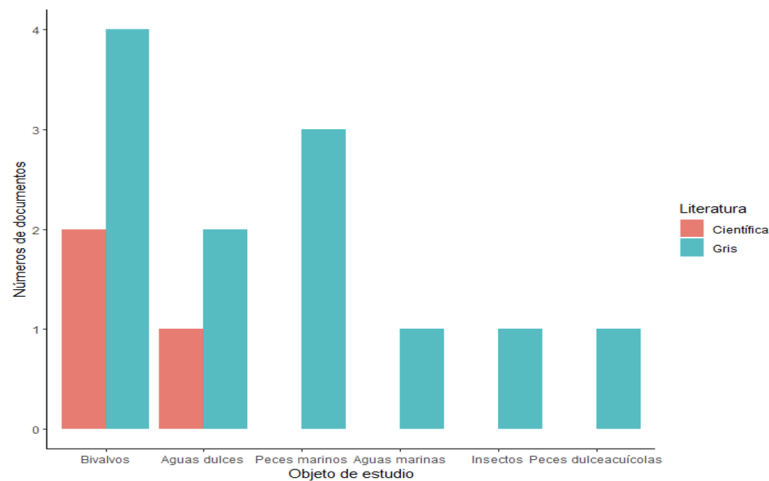


Figura 12. Número de trabajos enfocados al riesgo de componentes biológicos clasificados por objeto de estudio

La temática más abordada fue la contaminación por coliformes totales, esto debido a que son un conjunto de organismos bacterianos que pueden encontrarse en el suelo, agua y el tracto intestinal de los animales, además son indicadores de condiciones insalubres en alimentos (Haller et al., 2009). En Ecuador, se han detectado niveles altos de contaminación por coliformes totales y otros agentes bacteriológicos. En especies de bivalvos, como *Anadara tuberculosa*, *A. similis*, *Crassostrea columbiensis*, *C. corteziensis*, *Mytella guyanensis* y *M. strigata*, se registraron niveles altamente preocupantes de coliformes y, en especial, de *Escherichia coli* repartidos en las provincias de Manabí, Guayas y El Oro, resultando en que estos organismos no se deban consumir estando crudos (Sigüencia, 2010; Delgado, 2018; Carreño, 2019; Hidalgo et al, 2020; Córdova, 2021; Bermúdez et al, 2022). Igualmente, se tiene un reporte de contaminación bacteriana en la especie *Opisthonema spp.*, que se consume en la provincia de Manabí, demostrando que los niveles de *E. coli* y *Staphylococcus aureus* superaran los límites establecidos por normas nacionales, esto debido al mal manejo del proceso de manipulación, conservación y distribución del pescado por parte de los pescadores, debido a la falta de higiene y a factores como el aire, suelo y agua (Chica y Salazar, 2022). Hay cepas de *E. coli* que pueden ocasionar enfermedades gastrointestinales

en el ser humano y animales, por lo que la detección de contaminación fecal debe ser rápida y precisa para proteger la salud ambiental (Paruch y Maehlum, 2012).

### 4. Conclusiones.

Se presentó un trabajo de revisión acerca de los estudios de ecotoxicología en el Ecuador demostrando así un auge que empezó desde el año 2016 con un interés en particular sobre los ambientes acuáticos en las zonas costeras. Sin embargo, también se verificó la limitada documentación del país respecto al tema, la mayoría de los trabajos registrados son tesis que no se publicaron en revistas científicas, por lo cual restringe mucho el alcance de resultados que puedan generar cambios en el Ecuador. Además, se expusieron diversas temáticas relacionadas a la toxicidad generada por contaminantes de origen antropogénico y sus repercusiones en diversos organismos incluyendo el ser humano.

Uno de los temas más tratados es la toxicidad debido a la bioacumulación de metales pesados en diferentes organismos acuáticos, perjudicando la supervivencia, alterando sus funciones biológicas, dañando la cadena trófica del ecosistema, además de generar enfermedades en el ser humano producto del consumo de alimentos de origen animal y vegetal contaminados. Esta contaminación puede proceder de actividades mineras, descarga de aguas residuales por parte de

fábricas o, inclusive, los frecuentes desperdicios que se originan de los hogares domésticos.

La ingesta de contaminantes físicos como los microplásticos que se originan por desechos en los medios naturales, también están presentes en muchos animales como peces de interés comercial, generando lesiones en los tejidos y problemas en el desarrollo temprano, e igualmente son consumidos por las personas lo que puede desencadenar enfermedades. Igualmente, se registró la presencia de coliformes totales y otras bacterias, las cuales sobrepasan los niveles máximos para consumo humano establecidos en las normas de salud, ocasionado por la mala manipulación e higiene de los encargados del producto, o en ciertos casos también se debe a factores ambientales, causando alteraciones tanto en animales como en el ser humano.

Las instituciones de educación superior han realizado varios trabajos indexados quedando almacenados en repositorios académicos, pero no publicados para el conocimiento de otros investigadores. Se observa que la Universidad de Guayaquil tiene un alto número de documentos trabajados, también la Universidad de Cuenca, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, logrando desarrollar estudios y análisis ecotoxicológicos con el esfuerzo de estudiantes y docentes, cuyos resultados puedan publicarse generando una discusión por parte de otros expertos e instituciones públicas que ayuden a solventar el problema de contaminación en el país.

## 5. Recomendaciones

Se sugiere continuar con las investigaciones ecotoxicológicas y conservar los esfuerzos en solucionar un problema que continúa creciendo, además fomentar a las instituciones de educación superior a publicar sus trabajos de tesis debido a la importancia de los resultados que pueden dar una primera señal de alarma a los regímenes gubernamentales para regular y corregir el problema de contaminación en los ecosistemas. Así mismo, alertar sobre los alimentos contaminados que son consumidos por la población humana sin conocimiento del peligro que representa para la salud pública.

## 6. Agradecimientos

Este trabajo es derivado del proyecto Evaluación de parámetros biológicos y dinámica poblacional para ordenación y gestión de los recursos marinos,

financiado en parte por la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

## 7. Referencias.

- Paoliello, M., De Capitani, E. (2000). Sabery Ciencia: Los desafíos de la Toxicología. *Revista de Toxicología* 17: 55-60.
- Botello, A., Rendón, J., Gold, G., & Agraz, C. (2005). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. 2da Edición. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología.
- Newman, M. (2001). *Fundamentals of Ecotoxicology: The science of pollution*. Boca Raton, E.E.U.U. Lewis/CRC Publishers.
- Yacuzzi, E. (2008). Chisso Corporation y la enfermedad de Minamata, Serie Documentos de Trabajo, No. 391, Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina (UCEMA), Buenos Aires.
- Muñoz, M.T, Lucero, B., Iglesias, V., Muñoz, M.P., Achú, E., Cornejo, C., Concha, C., Grillo, A., & Brito, A.M. (2016). Plaguicidas organofosforados y efecto neuropsicológico y motor en la Región del Maule, Chile. *Gaceta Sanitaria*. 30(3), 227–31. doi:10.1016/j.gaceta.2016.01.006.
- Carrquiriborde, P. (2021). *Principios de Ecotoxicología*. Buenos Aires, Argentina Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Calow, P. (1989). The choice and implementation of environmental bioassays. *Hydrobiologia* 188, 61-64. <https://doi.org/10.1007/BF00027771>.
- Araújo, C., Cedeño, L., Villareal, David., & Diz, F. (2014). La Ecotoxicología Saluda a los Manabitas: ¿Qué es? y ¿Cómo nos puede ser útil?. *Revista Científica Multidisciplinaria de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí*. (3) 14-21.
- Cedeño, L., & Araújo, C. (2016) Heavy metals in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and common dolphinfish

- (*Coryphaena hippurus*) landed on the Ecuadorian coast. *Science of The Total Environment*. 541(15), 149-154.
- Oviedo, R., Moína, E., Naranjo, J., & Barcos, M. (2017). Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Bionatura*. 2(4), 437–41. <https://doi.org/10.21931/rb/2017.02.04.5>.
- Pernía, B., Mero, M., Cornejo, X., Ramírez, N., Ramírez, L., Bravo, K., López, D., Jorge, M., & Zambrano, J. (2018). Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador. *Enfoque UTE*. 9(2), 89-105. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.246>
- Muyulema, J., Canga, S., Pucha, P., & Espinosa, C. (2019). Evaluación de la contaminación por metales pesados en suelos de la Reserva Ecológica de Manglares Cayapas Mataje (REMACAM)-Ecuador. *Revista Internacional de investigación e innovación tecnológica*. 7(41), 40-61.
- Galarza, E., Moulatlet, G.M., Rico, A., Cabrera, M., Pinos, V., Pérez, A., & Capparelli, M.V. (2022). Human health risk assessment of metals and metalloids in mining areas of the Northeast Andean foothills of the Ecuadorian Amazon. *Integrated environmental assessment and management*, 19(3), 706–716. <https://doi.org/10.1002/ieam.4698>.
- Canham, R., González, A., & Elliott, J. (2021), Mercury Exposure and Toxicological Consequences in Fish and Fish-Eating Wildlife from Anthropogenic Activity in Latin America. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 17, 13-26. <https://doi.org/10.1002/ieam.4313>
- Jovanovic, B. (2017). Ingestion of microplastics by fish and its potential consequences from a physical perspective: Potential Consequences of Fish Ingestion of Microplastic. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 13(3), 510-515.
- Rochman, C., Hoh, E., Kurobe, T., & Teh, S. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports*. 3, 3263. doi:10.1038/srep03263
- Sussarellu, R., Suquet, M., Thomas, Y., Lambert, C., Fabioux, C., Pernet, M. E., Le Goïc, N., Quillien, V., Mingant, C., Epelboin, Y., Corporeau, C., Guyomarch, J., Robbens, J., Paul-Pont, I., Soudant, P., & Huvet, A. (2016). Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(9), 2430–35. <https://doi.org/10.1073/pnas.1519019113>.
- Domínguez, J. (2019). Microplástico en el Tracto Digestivo de *Scomber Japonicus*, *Opisthonema Libertate* y *Auxis Thazard*, Comercializados en el Puerto Pesquero de Santa Rosa, Provincia de Santa Elena Ecuador (tesis de pregrado). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- Tulsma. (2017). Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro VI. Anexo 1
- INEN (2013). NTE INEN 2729: Norma para los moluscos vivos y los moluscos bivalvos crudos (CODEX STAN 292-2008, MOD). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito, Ecuador.
- Alcívar, U., Dueñas, A., Sacon, E., Villanueva, G., & Bravo, L. (2016). Análisis de los residuos en la producción de harina de Lombriz Roja californiana (*Eisenia foetida*) en la planta piloto de la Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. *Tecnología Química*, 36(3), 336-353.
- Moreira, Á. (2018). Contaminación del aire en el medio ambiente por las emisiones de gases tóxicos de empresas industriales en Ecuador. *Polo del Conocimiento*. 3(7), 299-306. DOI: 10.23857/pc.v3i7.553.
- Bravo, C., Bello, Í., & López, Y. (2016). Contaminación de agua cruda de río y potabilizada de consumo doméstico en Manta – Ecuador. *Revista Dominio de las Ciencias*. 2 (3), 171-186
- González, W., & García, J. (2008). El artículo científico y su medición... 6to Congreso Internacional de Educación Superior Universidad. La Habana, Cuba. Febrero. 10 pp.



- Rojas, L. (2008). ¿Por qué publicar artículos científicos? *Revista Científica Electrónica de Ciencias Humanas. ORBIS*. 4(10), 120-137.
- Ávila, R., & Martínez, R. (2012). ¿Publicar o No Publicar? La Importancia de las Publicaciones en los Programas Doctorales. *Revista Digital de Investigación y Postgrado*. 2(1) 56-67.
- Urcelay, C., & Galleto, L. (2011). ¿Editar o no editar?: reflexiones sobre las revistas científicas regionales y algunas propuestas. *Kurtziana*. 36(1), 3-7.
- Pernía, B., Mero, M., Cornejo, X., & Zambrano, J. (2019). *Impactos de la Contaminación sobre los Manglares de Ecuador*. Manglares del Ecuador, Samborondón, Ecuador: Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
- Wang, W., & Guo, L. (2000). Bioavailability of colloid-bound Cd, Cr, and Zn to marine plankton. *Marine Ecology Progress Series*. 202, 41-49.
- Villareal, D., Sánchez, J., & Cañarte, J. (2016). Comparación y valoración de mercurio (Hg) y cadmio (Cd) en la especie Dorado (*Coryphaena hippurus*) que se consume en Manta, Ecuador. *Revista la Técnica*. 16, 32 - 43.
- Pico, E., & Cevallos, J. (2016). Presencia de mercurio en conservas de atún de la especie *Katsuwonus pelamis*. *Dominio de las Ciencias*. 2(3), 149-161
- García, I. (2014). Bioacumulación y Biomagnificación de Mercurio en Tiburón Azul *Prionace Glauca* (Linnaeus, 1758) de las Costas Adyacentes al Puerto de Santa Rosa de Salinas- Ecuador (tesis de pregrado). Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Samborondón, Ecuador.
- Moreira, Marley., & Romero, W. (2018). Niveles de Mercurio Total en *Aequidens rivulatus* (Vieja) en el Río Carrizal del Cantón Bolívar, Manabí-Ecuador (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Bolívar, Ecuador.
- Loor, G., Sánchez, J., Pico, X., & Mendoza, K. (2020). Evaluación de la presencia de mercurio (Hg) en pez espada, *Xiphias gladius* (Linnaeus, 1758) desembarcado en el puerto de Manta, Ecuador. *Revista Dominio de las Ciencias*. 6(3), 1256-1270.
- Bermeo, J., & Céleri, A. (2016). Cuantificación de la cantidad de metales pesados presentes en dos especies de peces (*Oncorhynchus mykiss* y *Cyprinus carpio*), y su relación con edad y tamaño en el embalse Daniel Palacios Proyecto Hidroeléctrico Paute – Molino (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador
- Pandey, G., & Madhury, S. (2014). Heavy metals causing toxicity in animals and fishes. *Res. J. An. Vet. Fish. Sci*. 2(2), 17-23.
- Martinez, C., Nagae, M., Zaia, C., & Zaia, D. (2004). Acute morphological and physiological effects of lead in the neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Braz. J. Biol.* 64, 797-807. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842004000500009>
- Bravo, B. (2005). La Importancia del Mar, las Costas y sus Recursos en el Ecuador (monografía). Instituto de Altos Estudios Nacionales, Quito, Ecuador.
- Kumari, B., Kumar, V., Sinha, A., Ahsan, J., Ghosh, A., Wang, H., & DeBoeck G. (2016). Toxicology of arsenic in fish and aquatic system. *Environmental Chemistry Letters*. 15, 43-64.
- Zakaria, N., Ahmad, A., & Mahazar, M. (2016). Acute toxicity of mercury to three freshwater organisms species in Malaysia. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 10, 124-129.
- Mero, M., Pernía, B., Ramírez, N., Bravo, K., Ramírez, L., Larreta, E., & Egas, F. (2019). Concentración de Cadmio en Agua, Sedimentos, *Eichhornia Crassipes* y *Pomacea Canaliculata* en el Río Guayas (Ecuador) y sus Afluentes. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*. 35(3), 623-640. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.03.09>.
- Mero, M. (2010). Determinación de Metales Pesados (Cd Y Pb) en Moluscos Bivalvos de Interés Comercial de Cuatro Esteros del Golfo de Guayaquil (maestría). Universidad de Guayaquil, Ecuador.

- Castro, K. (2014). Determinación de la Concentración de Metales Pesados (Hg, Pb, Cd) en la Ostra (*Crassostrea columbiensis*) utilizada como Biosensor en Cuatro Localidades de la Zona Costera de la Provincia de El Oro, 2014 (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Machala, Ecuador
- Cedeño, M., & Zambrano, D. (2017). Determinación de Metales Pesados Cd, Hg, Pb, en concha negra (*Anadara tuberculosa*) del Manglar El Salto-Esmeraldas y Comparación para exportación al mercado Europeo (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Ayala, H., Machuca, G., & Collaguazo, N. (2017). Cuantificación de metales pesados en *Anadara tuberculosa* (Mollusca:bivalvia) del estero Huaylá de Puerto Bolívar, por espectrofotometría de absorción atómica. *CIENCIA UNEMI*, 10(24), 1-10.
- Carrasco, R., & Webster, R. (2016). Capacidad bioacumuladora de metales pesados en moluscos bivalvos de los esteros del cantón Balao (maestría). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador
- Castro, R. (2017). Contaminación por Metales Pesados Cadmio y Plomo en agua, Sedimento y en Mejillón *Mytella Guyanensis* (Lamarck, 1819) en los Puentes 5 de Junio y Perimetral (Estero Salado, Guayaquil, Ecuador) (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Corrales, M. (2015). Acumulación de metales pesados en bivalvos y sus efectos tóxicos en la salud humana. *Revista Pensamiento Actual*. 15(25), 173-181.
- Condo, J., & Pernía, B. (2018). Determinación de niveles de cadmio en granos de maíz (*Zea mays* L.) de la costa y sierra ecuatoriana. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*. 12(2):66-74. <https://doi.org/10.53591/cna.v12i2.285>.
- Álvarez, C. (2020). Evaluación de la Bioacumulación de (As) y (Cd), en Cultivos de *Lactuca Sativa* y *Daucus Carota*, en Suelos Agrícolas de la Parroquia Toacaso, Provincia de Cotopaxi, Período 2019-2020 (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- Calle, A. (2021). Contaminación por Agroquímicos y Acumulación de Cadmio y Plomo en Suelos Dedicados a la Producción de Cacao del Sector la Isla Recinto la Resistencia en el Cantón Coronel Marcelino Maridueña (maestría). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador
- Guevara, M. (2021). Incidencia del suelo para la bioacumulación de Cadmio en la almendra de cacao (*Theobroma cacao* L.) de dos variedades Fino de Aroma y CCN51 cultivadas en el cantón Santa Clara provincia de Pastaza (maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Narváez, J. (2014). Caracterización Química y Ecotoxicológica de Metales Pesados en Sedimentos de las Riveras del Río Machángara, Sector Parque Industrial (maestría). Universidad de Cuenca, Ecuador.
- González, V., Valle, S., Nirchio, M., Olivero, J., Tejada, L., Valdelamar, J., Pesantes, F., & González, K. (2018). Evaluación del riesgo de contaminación por metales pesados (Hg y Pb) en sedimentos marinos del Estero Huaylá, Puerto Bolívar, Ecuador. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas*, 21(41), 75–82. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v21i41.14995>.
- Sánchez, C., Ramírez, J., Cartagena, E., & Díaz, J. (2010). Perfil sociodemográfico y epidemiológico de la población expuesta a la contaminación por mercurio, plomo y cadmio, ubicada en la vereda Manuel Sur del municipio de Ricaurte y los barrios Brisas del Bogotá y La Victoria del municipio de Girardot. *Investigación en Enfermería*. 12(2), 93–116.
- Suwazono, Y., Sand, S., Vahter, M., Filipsson, A., Skerfving, S., Lidfeldt, J. & Åkesson, A. (2006). Benchmark Dose for Cadmium-Induced Renal Effects in Humans. *Environmental Health Perspectives*. 114(7), 1072-1076.
- Järup, L., & Alfvén, T. (2004). Low Level Cadmium Exposure, Renal and Bone Effects—the OSCAR Study. *Biometals*. 17 (5), 505-509. [10.1023/b:biom.0000045729.68774.a1](https://doi.org/10.1023/b:biom.0000045729.68774.a1)



- Schwartz, G., Il'Yasova, D., & Ivanova, A. (2003). Urinary Cadmium, Impaired Fasting Glucose, and Diabetes in the NHANES III. *Diabetes Care*, 26(2), 468-470.
- Henson, M., & Chedrese, P. (2004). Endocrine disruption by cadmium, a common environmental toxicant with paradoxical effects on reproduction. *Experimental biology and medicine* (Maywood, N.J.), 229(5), 383-392. <https://doi.org/10.1177/153537020422900506>.
- McElroy, J., Shafer, M., Trentham, A., Hampton, J., & Newcomb, P. (2006). Cadmium Exposure and Breast Cancer Risk. *Journal of the National Cancer Institute*, 98(12), 869-73.
- Lino, J. (2019). Microplásticos en el Tracto Digestivo de *Scomber japonicus*, *Opisthonema libertate* y *Auxis thazard*, Comercializados en el Puerto Pesquero De Santa Rosa, Provincia de Santa Elena, Ecuador (tesis de pregrado). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- Mendoza, M., & Mendoza, K. (2020). Presencia de Microplásticos en Peces Pelágicos de Mayor Comercialización, en el Mercado de “Playita Mía” de la Ciudad de Manta (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel, Bolívar, Ecuador.
- Napa, A., & Cantos, O. (2020). Determinación de la Composición, Abundancia y Tipos de Polímeros de Microplásticos Presentes en el Tracto Digestivo de Peces con Interés Comercial (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Flores, J. (2022). Estudio de Microplásticos en el Tracto Digestivo y en Tejidos de *Selene peruviana* y *Lepophidium negropinna* que Desembarcan en el Puerto Pesquero Anconcito – Santa Elena, Ecuador (tesis de pregrado). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador
- Montenegro, L. (2021). Desechos plásticos en el tracto digestivo de *Coryphaena hippurus*, *Sarda orientalis* y *Katsuwonus pelamis* comercializados en el Puerto Pesquero de Santa Rosa, Santa Elena, Ecuador (tesis de pregrado). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- Villamar, J. (2022). Análisis de la Presencia de Microplásticos en Diferentes Organismos Marinos del Ecuador 2018- 2021 (tesis de pregrado). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- Álvarez, E., & Dora, L. (2021). Determinación de Microplásticos en el Tracto Digestivo de *Brycon alburnus* y *Pseudocurimata boulengeri* del Río Daule (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Benavides, B. (2017). Evaluación del efecto de las partículas de microplástico sobre la alimentación del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (tesis de pregrado). Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Manta, Ecuador.
- Zhang, Y., Kang, S., Alien, S., Alien, D., Gao, T., & Sillanpaa, M. (2020). Atmospheric microplastic: A review on current status and perspectives. *Earth-Science Reviews*. 203. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103118>.
- Browne, M., Crump, P., Niven, S., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Source and sinks, *Environ. Sci. Technol.* 45(21), 9175-9179.
- Haller, L., Pote, J., Jean, L., & Wildi, W. (2009). Distribution and survival of faecal indicator bacteria in the sediments of the Bay of Vidy, Lake Geneva, Switzerland. *Ecological Indicators*. 9(3), 540-547. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.08.001>.
- Siguencia, R. (2010). Niveles de Coliformes Totales y *Escherichia coli* en Bivalvos de interés comercial *Ostrea columbiensis* y *Mytella guyanensis* (Molusca: Bivalvia) como Bioindicador de contaminación Microbiológica en el Estero Puerto Hondo, Provincia Del Guayas – Ecuador (maestría). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Delgado, D. (2018). Niveles de Coliformes totales y *Escherichia coli* en *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* en el Recinto El Morro, Provincia Del Guayas

- (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Carreño, H. (2019). Contaminación por Coliformes Totales y *Escherichia coli* en Ostiones (*Crassostrea columbiensis*), concesión de Manglares, Puerto Salinas - Golfo De Guayaquil- Ecuador (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador
- Hidalgo, A., Arévalo, O., & Carreño, H. (2020). Contaminación por Coliformes Totales y *Escherichia Coli* en Concha (*Anadara Tuberculosa* y *Anadara Similis*) en Jambelí, El Oro, Ecuador. *INVESTIGATIO*, 14, 1–11. <https://doi.org/10.31095/investigatio.2020.14.1>
- Córdova, A. (2021). Determinación de la calidad Microbiológica en Mejillón (*Mytella strigata*) y agua del Estero Salado de la ciudad Guayaquil (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Bermúdez, A., Panta, P., Cáceres, L., & Lodeiros, C. (2022). Índices de contaminación bacteriana en la ostra *Crassostrea cf. corteziensis* procedente de Portovelo, estuario Río Chone, Manabí, Ecuador. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 38, 463–471. <https://doi.org/10.20937/RICA.54239>.
- Chica, S., & Salazar, V. (2022). Estudio Microbiológico de *Escherichia Coli* y *Staphylococcus Aureus* en encurtidos de Pinchagua (*Opisthonema Spp.*) comercializados en la ciudad de Crucita (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Paruch, A., & Maehlum, T. (2012). Specific features of *Escherichia coli* that distinguish it from coliform and thermotolerant coliform bacteria and define it as the most accurate indicator of faecal contamination in the environment. *Ecological Indicators*. 23: 140-142. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.03.026>.
- Alava, J.J., McMullen, K., Jones, J., Barragán-Paladines, M.J., Hobbs, C., Tirapé, A., Calle, P., Alarcón, D., Muñoz, J.P., Muñoz, L., Townsend, K.A., Denkinger, J., Uyaguari, M., Domínguez, G.A., Espinoza, E., Reyes, H., Piedrahita, P., Fair, P., Galloway, T., Grove, J.S., Lewis, C. & Schofield, J. (2022). Multiple anthropogenic stressors in the Galápagos Islands' complex social–ecological system: Interactions of marine pollution, fishing pressure, and climate change with management recommendations. *Integr Environ Assess Manag*. <https://doi.org/10.1002/ieam.4661>
- Andrango, J., & Daquilema, A. (2020). Evaluación Ecotoxicológica de los Contaminantes Emergentes, Diclofenaco y Ciprofloxacina, de Forma Simultánea e Independiente, sobre Bioindicadores Acuáticos (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Arizaga, R., & Lemos, E. (2016). Determinación del grado de contaminación por metales pesados en bivalvos (*Anadara tuberculosa*) en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje Cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas 2015. *El Misionero Del Agro*, 48–59
- Briones, H., & Solórzano, M. (2018). Evaluación del impacto de las aguas residuales del cultivo de camarón a través de ensayos de exposición forzada: alevines de guppy (*Poecilia reticulata*) como bioindicador. *Revista De Ciencias Del Mar Y Acuicultura YAKU*. 1(2), 9-20.
- Chirinos, D., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta, S., Soli, L., & Geraud, F. (2019). Los Insecticidas y el Control de Plagas agrícolas: La Magnitud de su uso en Cultivos de algunas Provincias de Ecuador. *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*. 21(1), 1-16. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num1\\_art:1276](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1276).
- Araújo, C., & Cedeño, L. (2016). Heavy metals in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) landed on the Ecuadorian coast. *Science of The Total Environment*. 541, 149-154. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.090>.
- FDA. (2010). Mercury levels in comercial fish and shellfish. USA. Descargado de. <http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/Metals/ucm115644.htm>
- Gutiérrez, Y., & Olazabal, E. (2015). Caracterización

- de la toxicidad de los residuales líquidos de una industria de lácteos de la ciudad de Cuenca, utilizando biomodelos ecotoxicológicos (maestría). Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Huaraca, L. (2017). Evaluación Ecotoxicológica de Aguas Contaminadas con Glifosato a Partir de los Bioindicadores *Daphnia Magna* y *Artemia Salina* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Jaramillo, C., Jaramillo, A., D'Armas, H., Troccoli, L. & Rojas, L. (2016). Concentraciones de alcaloides, glucósidos cianogénicos, polifenoles y saponinas en plantas medicinales seleccionadas en Ecuador y su relación con la toxicidad aguda contra *Artemia salina*. *Revista de Biología Tropical*. 64(3). 1171-1184. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i3.19537>.
- León, M., & Olazábal, E. (2015). Caracterización Físico-Química, Biológica y Ecotoxicológica del Agua Residual de un Hospital de la Ciudad De Cuenca (maestría). Universidad de Cuenca. Ecuador.
- Moscoso, D., Narváez, M., Monroy, L., Espinoza, C., & Astudillo, A. (2018). Efecto Fitotóxico Del Material Particulado Pm10 Recolectado En El Área Urbana De La Ciudad De Cuenca, Ecuador. *Iteckne*. 16(1), 12-20. <https://doi.org/10.15332/iteckne.v16i1.2157>.
- Muñoz, L., Valle, C., Alava, J., Janssen, S., Sunderland, E., Rubianes, F., & Emslie, S. (2022). Elevated Mercury Concentrations and Isotope Signatures (N, C, Hg) in Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) from the Galápagos Marine Reserve and Waters off Ecuador. *Environment Toxicology Chemistry*. 41(11), 2732-2744. doi: 10.1002/etc.5458.
- OMS. (2012). Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 1 de Junio de 2023, de Arsénico: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>.
- Oviedo, R., Moina, E., Naranjo, J., & Barcos, M. (2017). Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Bionatura*. 2(4), 437-441. DOI: 10.21931/RB/2017.02.04.5.
- Palacios, E., & Espinoza, C. (2014). Contaminación del aire exterior. Cuenca - Ecuador, 2009- 2013. Posibles efectos en la Salud. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la 8 Universidad de Cuenca*. 32(2), 6-17
- Pauta, G., Vázquez, G., Abril, A., Torres, C., Loja, M., & Palta, A. (2020). Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 11(2), 46–57. <https://doi.org/10.18537/mskn.11.02.05>.
- Reglamento (UE) N° 78/2005 de la Comisión europea del 19-01-2005, que modifica el reglamento (CE) N° 466/2001 referente a metales pesados, L16/43, pag.1-3
- Saetama, V., Vera, L., Vanegas, M.E., Cruzat, C., & Brazales, D. (2018). Evaluación toxicológica de soluciones acuosas de ibuprofeno mediante bioensayos con *Artemia salina*, *Allium schoenoprasum L* y *Lactuca sativa*. *Revista de Toxicología*. 35, 112–118.
- Tulsma. (2017). Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro VI. Anexo 1
- Unión Europea. (2014). Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios. Metales Pesados, 1-24.
- Zambrano, D., Palacios, J., Cevallos, R., Alcívar, U., Santos, M., & Burgos, G. (2020). Toxicidad del agua en el estuario del río Burro en la ciudad de Manta. *Polo del Conocimiento*. 5(1), 305-316. DOI: 10.23857/pc.v5i1.1899.
- Zhao, Y.B., Gao, P., & Ni, H. (2020). A chemical time bomb: Future risks of microplastics. *Water Air Soil Pollut*. 230(11), 1-5. DOI:10.1007/s11270-019-4320-9.