



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Microplásticos en especies marinas: Una Revisión Sistemática

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Cahuana Aguilar, Jazmin Denisse (orcid.org/0000-0002-8796-4165)

Carbajal Carmen, Shirley Paola (orcid.org/0000-0001-9269-7017)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mis padres: José Luis Cahuana López y Domitila Aguilar Tafur, por haberme forjado como la persona que soy hoy en día, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, a mi hermana por alentarme cada día y a mi enamorado por nunca dejarme rendir en los momentos difíciles. Gracias por su amor, cariño y ser parte de este gran logro y sobre todo por haber confiado en mí.

Jazmin Denisse Cahuana Aguilar

Dedicatoria

Con amor y admiración a mi abuelita: Peregrina Manuela Toledo Begazo, sin ella no lo habría logrado. Gracias por tus bendiciones diarias que me protegen y me llevan por el buen camino. Y también gracias por el amor, paciencia y cuidado que me brindas diariamente. A mis padres, por el apoyo incondicional e inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, valentía y humildad. Y a mis hermanos por apoyarme durante el desarrollo de la tesis.

Shirley Paola Carbajal Carmen

Agradecimiento

A Dios, por habernos dado la vida y acompañado a lo largo de nuestra carrera y permitirnos culminar el presente trabajo.

A nuestro asesor el Dr. Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi por su exigencia, motivación y orientación brindada en el transcurso del desarrollo de nuestra tesis.

A la Universidad Cesar Vallejo por darnos la oportunidad de continuar nuestra carrera y haber aprendido nuevas experiencias y así poder graduarnos finalmente.

Índice de contenidos

| | |
|---|------|
| Carátula | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Índice de contenidos..... | iv |
| Índice de tablas | v |
| Índice de figuras | vi |
| Resumen..... | vii |
| Abstract | viii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 3 |
| III. METODOLOGÍA | 15 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 15 |
| 3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización | 15 |
| 3.3. Escenario de estudio..... | 20 |
| 3.4. Participantes..... | 20 |
| 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 20 |
| 3.6. Procedimiento | 21 |
| 3.7. Rigor científico..... | 24 |
| 3.8. Método de análisis de datos..... | 25 |
| 3.9. Aspectos éticos | 25 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES | 26 |
| V. CONCLUSIONES | 68 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 69 |
| REFERENCIAS | 70 |
| ANEXOS | 89 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Tipos de polímeros plásticos..... | 9 |
| Tabla 2. Matriz de categorización | 16 |
| Tabla 3. Métodos de identificación de microplásticos en especies marinas..... | 26 |
| Tabla 4. Tipos de microplásticos encontrados en especies marinas..... | 46 |
| Tabla 5. Órganos de especies marinas con mayor afectación por microplásticos | 59 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Escala de los tamaños del plástico..... | 11 |
| Figura 2. Microplásticos en el pez..... | 14 |

RESUMEN

Los microplásticos (MPs) son pequeñas partículas de plástico que miden 5mm de diámetro, la mayor cantidad de MPs se encuentran en el océano debido a su incrementación en el mundo, causando así daños en el organismo de las especies marinas e incluso hasta su muerte. El objetivo general de este proyecto es poder determinar la presencia de microplásticos en especies marinas a partir del análisis de artículos originales de los últimos 6 años considerados desde el 2016, mediante bases de datos como Scopus, Science Direct y Scielo principalmente para buscar artículos en inglés que fueron traducidos para recopilar información, se utilizaron 42 artículos originales en idioma inglés y español, el cual ello nos ayudó para la elaboración de nuestros resultados y discusiones. Concluyendo así que el método más utilizado para la identificación de MPs es el método de espectroscopia de FTIR y Raman. Siendo el Polietileno (PE) el microplástico encontrado con mayor frecuencia en toda especie marina acumulándose en el estómago que es el órgano más afectado al momento que una especie marina ingiere MPs de diferente tipo.

Palabras clave: Microplásticos, especies marinas, órganos, tipos, métodos.

ABSTRACT

Microplastics (MPs) are small plastic particles that measure 5mm in diameter, the largest number of MPs are found in the ocean due to their increase in the world, thus causing damage to the organism of marine species and even their death. The general objective of this project is to be able to determine the presence of microplastics in marine species from the analysis of original articles from the last 6 years considered since 2016, using databases such as Scopus, Science Direct and Scielo, mainly to search for articles in English. that were translated to collect information, 42 original articles in English and Spanish were used, which helped us to prepare our results and discussions. Concluding that the most used method for the identification of MPs is the FTIR and Raman spectroscopy method. Polyethylene (PE) is the microplastic found most frequently in all marine species, accumulating in the stomach, which is the most affected organ when a marine species ingests PMs of different types.

Keywords: Microplastics, marine species, organs, types, methods.

I. INTRODUCCIÓN

Las pequeñas partículas de plásticos son denominadas microplásticos (MP) tienen un tamaño de 1 a 5 milímetros de diámetro y se presentan en diferentes tipos, tamaños, formas y composiciones poliméricas primarias y secundarias (Browne et al. 2015; Willis, Eriksen, Wilcox y Hardesty, 2017; Horton, Walton, Spurgeon, Lahive y Svendsen, 2017). Estos MPs son ampliamente distribuidos por varios compartimentos ambientales como aire, agua, suelo y océano. Del cual, son liberados mediante vías como: fuentes humanas (por textiles sintéticos, productos de cuidado personal), transporte (por la erosión de neumáticos de caucho sintético) y fuentes industriales (Bolitas de plástico) (Wang, Ge, Yu y Li, 2020).

La cantidad de MPs que se encuentra en el océano ha ido en aumento debido a la incrementación de producción del plástico mundialmente, estos MPs ingresan a través de varias vías (Díaz Dávila, 2018; Wang, Ge, Yu y Li, 2020; Ostle et al. 2019). Varios estudios señalan que los ríos transportan desde el 70 o hasta el 80% de plásticos, donde la mayoría es proveniente de procesos que se dieron en industrias, campos agrícolas y planta de tratamiento de aguas residuales (PTARs), siendo estos los primeros en contaminar los océanos con el descargo de sus efluentes (Du y Wang, 2021). Los MPs se caracterizan por tener superficies rugosas y formas irregulares, con la posibilidad de absorber contaminantes ambientales y provocar diferentes y graves impactos en los peces (Bhagat, Zang, Nishimura, y Shimada, 2020).

Durante la búsqueda de artículos no se encontraron estudios de revisiones que indiquen la presencia de microplásticos en especies marinas. Solo existen revisiones las cuales mencionan el ingreso de microplásticos hacia el pez y que daños causa a los órganos del animal. Teniendo en cuenta lo mencionado, el MP es un tema de alta relevancia para la investigación, ya que tiene propiedades persistentes y bioacumuladoras en el organismo marino (Rochman et al., 2017; González Acedo et al., 2021; Miri et al., 2021). Por consiguiente, es necesario este aporte al conocimiento, ya que solo sean

hallados estudios específicos como Pez cebra: un modelo emergente para estudiar la toxicidad de microplásticos y nanoplásticos, donde solo hace referencia a un determinado organismo; o Microplásticos marinos como vectores de los principales contaminantes oceánicos y sus peligros para el ecosistema marino y los seres humanos, siendo este último una revisión antigua de hace 6 años. A razón de eso, este estudio se justifica teóricamente por incorporar nuevos hallazgos con contenido estándar sobre Microplásticos en especies marinas. Por ello, se encontró la necesidad de indagar, analizar y recopilar información en este presente estudio. Debido al uso excesivo de plástico, se han observado microplásticos en entornos naturales como aguas superficiales y sedimentos, incluso en órganos de animales acuáticos (Abbasi et al., 2018). Los peces se encuentran entre los animales acuáticos y son el alimento diario más común de los seres humanos, que pueden estar estrechamente asociados con los seres humanos. Por lo expuesto, la siguiente revisión sistemática plantea la pregunta general ¿Cuáles son los microplásticos existentes en especies marinas? y los problemas específicos ¿Cuál es el método de identificación de microplásticos en especies marinas?, ¿Cuál es el tipo de microplástico ubicado con mayor frecuencia en especies marinas? ¿Qué órganos de las especies marinas son los más afectados por los microplásticos? Teniendo como objetivo general, determinar la presencia de microplásticos en especies marinas mediante artículos originales de los últimos 6 años; y como objetivos específicos, identificar cuáles son los métodos de identificación de microplásticos en especies marinas, identificar los tipos de microplásticos encontrados en especies marinas e identificar que órganos de las especies marinas son los más afectados por microplásticos, a partir de análisis de artículos de investigación.

II. MARCO TEÓRICO

Rojo y Montoto (2017); centra su investigación en los orígenes, impactos y consecuencias del plástico y microplástico en zonas importantes del océano Pacífico, Atlántico e Índico en los hemisferios norte y sur. Por ello, en su estudio compararon la distribución y tamaño del plástico flotante en las diferentes cuencas oceánicas. Ellos mencionan que del total de plástico que se genera, el 10% termina en el océano, donde las corrientes marinas arrastran los MPs y estos ingresan en el cuerpo de los organismos acuáticos a través de la ingestión, el cual estos confunden el zooplancton o fitoplancton con los MPs ocasionándoles efectos negativos en su salud, disrupciones estomacales, o alterando otras funciones de los organismos y en la reproducción. Las consecuencias al momento de que una especie marina ingiere microplásticos, es la muerte directa a través de la obstrucción física de los estómagos o la perforación de la pared del estómago. Los resultados fueron que no hay solución al problema que no implique una reducción de plásticos en origen, es decir una menor producción, disminuir el uso de elementos que sean de plásticos, y aplicar la reutilización. Se recomendó medidas y propuestas para corregir la contribución diaria del incremento de la basura que se acumula en el mar, mayormente en los países con más recursos económicos ya que son grandes productores y consumidores de plásticos.

Roch y Brinker (2017); tuvo como objetivo el desarrollo de un método confiable para la detección de microplásticos en la digestión del tracto gastrointestinal de los peces en Konstanz, Alemania. La eficiencia del método de digestión se probó agregando el TGI de los peces con cantidades conocidas de partículas de poliestireno (PS), para el procedimiento se escogió 6 pescados blancos *Coregonus lavarentus L.* que se capturaron en el lago de Konstanz, se diseccionó y refrigeró a 20°C; el día del experimento se enjuagó los TGI con agua ultrapura filtrada, se picó y colocó en vasos precipitados de 250 ml, se utilizaron partículas fluorescentes de color amarillo (900-550 μm , 10 partículas), rojo (549-300 μm , 10 partículas) y azul (299-100 μm , 20 partículas), éstas partículas se combinaron con componentes de TGI del

pescado blanco (25 mL de 1 mol L⁻¹ NaOH, 72 mL de 65% HNO₃ y se utilizaron 3 mL de agua ultrapura filtrada) después se contaron las partículas utilizando un microscopio de disección bajo luz ultravioleta. Los resultados fueron que todos los TGI fueron completamente digeridos por el método descrito, dejando rastros insignificantes de tejido, las partículas fluorescentes estaban visibles bajo la luz ultravioleta y el color facilitó el conteo, por lo tanto, las tasas de recuperación para cada tamaño de partícula de poliestireno fueron altas, que oscilan entre el 95% y 10%.

Du y Wang (2021); investigaron la caracterización e impactos que causa los microplásticos en el ambiente en China. Se recolecto muestras de sedimentos submareales; el objetivo es separar los microplásticos de la matriz de la muestra, reducir y mejorar el proceso de caracterización posterior de los microplásticos. Se demostró que los microplásticos se caracterizan por varios métodos, como la caracterización física (inspección visual, microscopía óptica y electrónica) y la caracterización química (espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier, espectroscopía Raman y análisis térmico); los impactos hallados fueron que los microplásticos ingresan al medio ambiente a través de varias vías y se han encontrado en varios compartimentos ambientales (ambientes atmosféricos, terrestres y acuáticos), especialmente en el sistema acuático, finalmente ingresan al cuerpo por diferentes rutas de exposición y representan una grave amenaza para la salud. Se concluyó que una comprensión más sistemática, integral y profunda de la caracterización y distribución de los microplásticos en los diversos entornos ayuda a lidiar con la contaminación plástica global.

Hodkovicova (2021); investigó si las micropartículas de polietileno que se transmiten por los alimentos afectan la salud de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en República Checa. Para esta investigación realizaron un experimento con micropartículas de polietileno (PE) que estaban en forma de polvo, verificando las partículas con un microscopio electrónico de barrido; realizaron la autopsia al pez para el análisis histológico y las

muestras se fijaron posteriormente en solución tamponada de osmio Millong (OsO₄ 2%), se deshidrataron en etanol al 50, 70, 90 y 100% y se secaron en hexametildisilazano, luego colocaron la muestras en las lengüetas de carbono y se observaron bajo el microscopio electrónico de barrido Hitachi SU 8010. Utilizaron dos acuarios como control (0% de concentración de PE) y dos acuarios se expusieron a 0,5%, 2% y 5% de concentración de PE, respectivamente, los peces fueron aclimatados a las condiciones de laboratorio durante 14 días, fueron alimentados con gránulos comerciales en la cantidad total del 1,5% de su peso corporal húmedo dividido en tres porciones durante un día. Los peces fueron alimentados individualmente y siempre solo mientras recibieran alimento directamente de la superficie del agua, su disposición a comer disminuyó, se interrumpió la alimentación y la composición de los pellets fue la siguiente: 42–45% de proteína cruda, 24–27% de lípidos crudos, 13,5–19,5% de carbohidratos, 0,8–2,3% de fibra cruda, 4,5–6,5% de cenizas, 0,9% de fósforo total. Las conclusiones fueron que las branquias, hígado y riñón son los órganos más afectados por la exposición al polietileno (PE).

Alomar y Deudero (2017); evidencia la ingestión de microplásticos en el tiburón *Galeus melastomus* Rafinesque en el mar Mediterraneo occidental. Se analizaron y muestrearon 125 tiburones *Galeus* alrededor de la isla Mallorca-España, se congelaron y almacenaron en bolsas a - 18°C, para la identificación de microplásticos, se extrajeron los estómagos y se disecaron, el contenido se analizó en el laboratorio utilizando un microscopio estereoscopio, se enviaron viales de vidrio a la Universidad de Finlandia Oriental para la identificación del polímero, las partículas de cada vial de vidrio se fotografiaron con estereomicroscopio Leica EZ4 con una cámara HD y se analizaron con espectroscopía de infrarrojos por transformada de Fourier de imágenes (FTIR) (30 exploraciones, 4000-700 cm⁻¹ PerkinElmer Spectrum Spotlight 300).

Utilizaron bases de datos espectrales comerciales y personalizadas para la identificación de microplásticos, el tipo de microplásticos identificados se clasificó en fragmentos, filamentos y películas siguiendo el subgrupo técnico de la Directiva marco de estrategia marina sobre desechos marinos y también se registró el color de los microplásticos, para cada muestra estudiada, el número de microplásticos ingeridos por gramo de peso fresco de *Galeus* considerando todos los estómagos (llenos y vacíos), el tiempo aproximado de extracción y clasificación para la identificación de microplásticos fue de veinte minutos por muestra y dependiendo de la plenitud del estómago podría aumentar a una hora por individuo. Los resultados han demostrado que el 16,80% de las muestras habían ingerido un valor medio de $0,34 \pm 0,07$ microplásticos / individuo, el índice de plenitud del estómago osciló entre 0,86 y 38,89% y los análisis de regresión mostraron que los estómagos más llenos contenían más microplásticos, también identificaron una mayor cantidad de microplásticos de tipo filamento en comparación con el tipo de plástico granular o duro.

Long et al., (2017); investigó las interacciones entre los microplásticos de poliestireno y el fitoplancton marino en Australia. Evaluaron el potencial de las células de fitoplancton para formar heteroagregados con pequeñas partículas de micro-poliestireno (micro-PS) dependiendo de la especie de microalgas y el estado fisiológico; una *prymnesiophyceae*, *Tisochrysis lutea*, un dinoflagelado, *Heterocapsa triquetra*, y una diatomea, *Chaetoceros neogracile*, fueron expuestos a micro-PS ($2 \mu\text{m}$ de diámetro; $3,96 \mu\text{m L}^{-1}$) durante sus ciclos de cultivo de crecimiento, los micro-PS se cuantificaron utilizando un enfoque innovador de citometría de flujo, que permitió el seguimiento de la distribución de micro-PS en cultivos de microalgas y la distinción entre micro-PS en suspensión libre y heteroagregados de micro-PS y microalgas, observaron heteroagregación para *Chaetoceros neogracile* durante la fase de crecimiento estacionario; los niveles más altos de micro-PS se "perdieron" de la solución, adhiriéndose a los matraces, con esta pérdida de micro-PS adherido a las paredes del matraz aumentó con la edad del cultivo para ambas especies. Los resultados fueron que no se observaron efectos de

micro-PS sobre la fisiología de las microalgas en términos de crecimiento y fluorescencia de clorofila, los resultados destacan el potencial de que las células de fitoplancton individuales y la materia orgánica residual interactúen con los microplásticos y, por lo tanto, influyan potencialmente en su distribución y biodisponibilidad en los sistemas experimentales y la columna de agua.

Carbery et al., (2018); señala como objetivo resumir lo que se sabe sobre los impactos de los microplásticos y los contaminantes químicos en los organismos marinos y resaltar las implicaciones para la transferencia trófica de contaminantes a través de la red alimentaria marina en Alemania. Analizaron los efectos de los microplásticos y los contaminantes en los organismos modelo que emplean concentraciones nominales y, en consecuencia, tienen poca relevancia para el entorno real, pocos estudios han intentado rastrear el destino de los microplásticos y los contaminantes mixtos a través de una compleja red alimentaria marina utilizando concentraciones ambientalmente relevantes para identificar el nivel real de riesgo, no ha habido ningún intento de comprender la transferencia de microplásticos y contaminantes asociados de los mariscos a los humanos y las implicaciones para la salud humana. En conclusión, se desconoce si los microplásticos y los contaminantes asociados se transfieren a los humanos a través de su dieta, con una falta de datos sólidos que describan las presas depredadoras de los MP y la transferencia de contaminantes asociada, el conocimiento es insuficiente para informar una evaluación de riesgos de los microplásticos en el medio ambiente y las implicaciones que pueden existir para comer mariscos.

Chekkala, B y C (2021); esta investigación se centra en las propiedades de los microplásticos, su toxicidad y sus efectos sobre la salud, los microplásticos coloreados en forma de fibra también se han reportado en muestras de camarones y aguas continentales a una concentración acuosa promedio de $0.40 \pm 0,27$ piezas / L y 24 ± 31 piezas / g, la forma, el tamaño y la densidad de los microplásticos presentes en la dispersión dentro de los sistemas

acuáticos por las alcantarillas pluviales, el viento y otras corrientes naturales, las partículas grandes y altamente densas eventualmente dan como resultado el fácil hundimiento y sedimentación de los microplásticos, las partículas de forma irregular (con geometría irregular y extremos afilados) quedan retenidas bajo el agua, y las de forma esférica tienden a permanecer en la superficie; los microplásticos poseen las propiedades de hidrofobicidad y alta superficie, lo que los hace susceptibles de absorber y transportar contaminantes orgánicos estables, como bifenilos policlorados (PCB), diclorodifeniltricloroetano (DDT) e hidrocarburos aromáticos policíclicos poliaromáticos (PAH); el microplástico ingresa y se acumula en el cuerpo de los organismos acuáticos a través de la ingestión y entra en la cadena alimentaria. El pescado ingiere alrededor de 3-11 veces más microplásticos en el ambiente acuático circundante, los diferentes peces tienen diferentes tasas de consumo de microplásticos, es decir, los carnívoros consumen menos plásticos que los omnívoros; los microplásticos suelen estar presentes en una alta concentración en peces omnívoros debido a su capacidad de excreción inferior. Se concluye, debido a la compleja mezcla de diferentes partículas microplásticas, el desarrollo de tecnologías para legislar el contaminante o establecer regulaciones universales o nacionales, o incluso estatales, es el desafío actual que debe abordarse, la instalación debe tener condiciones similares a las condiciones ambientales con la influencia de la coexistencia de alimentos y partículas naturales; se recomendó que debe fomentarse los enfoques multidisciplinarios para mejorar las técnicas de eliminación de microplásticos, el equilibrio de los enfoques sociales, epidemiológicos, de ingeniería, biológicos y tecnológicos puede salvar la brecha de conocimiento para comprender los factores ambientales y las actividades antropogénicas.

Los plásticos (de la palabra griega “plastikos”, significa moldeable) consiste en polímeros orgánicos sintéticos o semisintéticos de alto peso molecular, y estos generalmente se fabrican polimerizando monómeros de carbón, gas o petróleo (Babayemi, Innocent, Oladele y Roland, 2019) (Zhang et al., 2021). Los microplásticos son contaminantes emergentes (Choong Hadibarata y Tang, 2021). La Agencia Europea de Sustancias Químicas (ECHA) explica que los

microplásticos son pedazos de plástico de 5mm de tamaño (Castañeda, Avlijas, Simard y Ricciardi, 2020).

Los primeros materiales plásticos fueron la baquelita y celuloide estos se inventaron hace cientos de años, su producción en masa inició en plena 2da mitad del siglo XX (Choy et al., 2019). Desde entonces, los productos plásticos están inmersos en nuestra vida diaria ya que es un material rentable, ligero, durable y resistente, brindándonos innumerables comodidades y también amplias aplicaciones tanto en lo tecnológico, científico e industrial (Fu y Wang, 2019). Entre los años 1950 y 2018, la producción del plástico se ha ido multiplicando a gran escala, según estadísticas, muestran que entre estos años se ha experimentado un crecimiento continuo de 1,5 a casi 359 millones de toneladas (Du, Hao y Wang, 2021). En Egipto consumió aproximadamente 2,1 millones de toneladas de polímeros en 2017, siendo el país más consumidor de plástico de África (Babayemi O et al., 2019). Y si las tendencias continúan para el 2050 el plástico podría alcanzar 34.000 millones de toneladas (Zhang et al., 2021; Choong, Hadibarata y Tang, 2021).

La demanda de plásticos desde su creación ha ido en aumento de tal forma han modificado y mejorado su resistencia y durabilidad con el avance del tiempo (Fu y Wang, 2019). En la siguiente tabla 1, se pueden ver los tipos de polímeros plásticos:

Tabla 1. Tipos de polímeros plásticos

| Acrónimo | Nombre completo | Origen | Producto plástico |
|-----------------|------------------------|---------------|------------------------------|
| - | caucho | natural | neumáticos, suelas de zapato |
| - | parkesina | semisintético | rasuradora |
| - | celuloide | | papel de limpieza, envases |

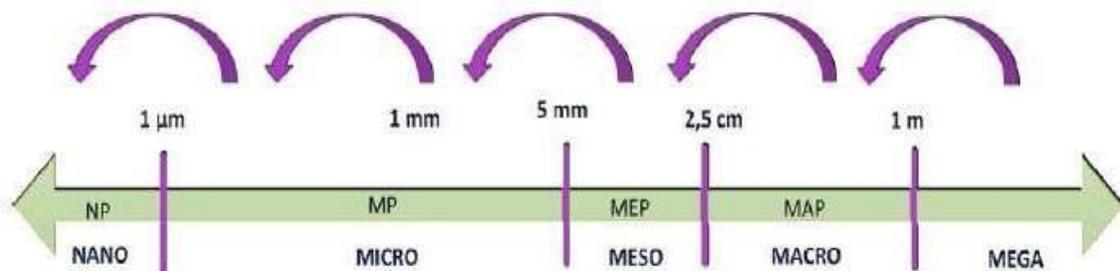
| | | | |
|------|------------------------------|-----------|--------------------------------|
| - | rayón | | fibras textiles |
| BK | baquelita | sintético | botones |
| PVC | vinilo | | cables, tuberías |
| LDPE | polietileno de baja densidad | | bolsas y sacos |
| HDPE | polietileno de alta densidad | | envase de producto de limpieza |
| PTFE | politetrafluoroetileno | | mangueras |
| PS | poliestireno | | vasos descartables |
| PC | policarbonato | | ventanas, cubiertas, techo |
| PET | tereftalato de polietileno | | botella de bebidas |
| PES | poliéster | | tela |
| PP | polipropileno | | sorbetes, tapas de botella |
| PA | poliamidas | | productos textiles |

Fuente: (Castañeda et al., 2020)

La mayoría de estos plásticos de origen sintético constituyen el 90% de la producción plástica a escala global (A.L y Neal, 2009). El polietileno se puede encontrar en diversos productos, como bolsas de plástico, envases y embalajes de almacenamiento, juguetes, fibras, películas, etc (Lusher et al. 2017). Los MPs a menudo se clasifican como MPs primarios, que se fabrican para una aplicación particular (como microperlas), y MPs secundarios, que son formados por la fragmentación y degradación de microplásticos, incluidas las fibras de fibras sintéticas (Jacob et al. 2020; Ostle et al. 2019). Toxemerge Pty Ltd, Australia. Indica que del mismo modo existen macroplásticos (MaPs) de

polietileno con un tamaño > 5 mm, y nanoplasticos (NPs) con un tamaño <100 nm, estos se caracterizan por tener forma de polvos crudos ya que sus partículas son de forma irregular.

Figura 1. Escala de los tamaños del plástico



Fuente: (Castañeda et al., 2020)

Otros factores igualmente importantes son el tamaño, la forma, el color y las propiedades físicas como la densidad o agregación de partículas (Fahrenfeld y Parrish 2019).

Se han detectado MPs en la superficie del suelo donde estos, con la ayuda del viento o lluvias migran una gran distancia de forma horizontal depositándose en el suelo (Sharma y Chatterjee, 2017). También ingresan por aprovechamiento del suelo de lodos de depuradora (Corradini et al. 2019), abono plastificado y compost (Weithmann et al., 2018). La cantidad de MPs que se encuentra en el océano ha ido en aumento debido a la incrementación de producción del plástico mundialmente, estos MPs ingresan a través de varias vías (Díaz Dávila, 2018; Wang et al., 2020; Ostle et al., 2019). Estudios reportaron presencia de MPs en el medio aire donde estos son liberados mediante el polvo suspendido, incineración de residuos, erosión y abrasión de neumáticos y fibras de textil, se hallan tanto en aire interior como exterior, siendo las fibras de textil unas de las principales fuentes del MPs (Wang et al., 2020). Los MPs en el aire también pueden provenir de microperlas, partículas y fibras sintéticas que se encuentran en los lodos de las PTARs (Ostle et al., 2019).

Por otro lado, estudios han detectado la presencia de MPs en el medio suelo. Un ejemplo de ellos, es el estudio que trato sobre la aparición de MPs en suelos agrícolas de Shanghái en 20 campos de hortalizas cerca de los suburbios, en donde se encontraron concentraciones de MPs que varían entre $78,00 \pm 12,91$ N kg⁻¹ en suelos poco profundos de 0 a 3 cm, mientras que la concentración en suelos profundos variaba de $62,50 \pm 12,97$ N kg⁻¹ con profundidad de 3 a 6 cm (Teng et al., 2019). En Suiza, respecto a la atmósfera, han encontrado estudios sobre fibras con concentraciones que varían desde 0,3 a 1,5 fibras/m³ y 1 a 60 fibras/m³, proviene de fibras de origen textil, natural, animal, vegetal, mineral y orgánicas (Scheurer y Bigalke 2018; Du, Hao y Wang 2021). A parte de los océanos, las concentraciones de partículas también son altas en los ambientes de agua dulces (Du et al., 2021). Se han realizado esfuerzos para cuantificar las concentraciones de MPs en diferentes espacios marinos, como playas y costas a menudo estudiadas debido a su facilidad de acceso (Chen et al., 2018).

El método de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) se usa para la detección cualitativa y el analizar los componentes de microplásticos debido a las ventajas de la muestra no destructiva y el pretratamiento simple (Munari et al., 2020). Se necesita desarrollar métodos de eficiente para poder medir microplásticos altamente erosionados (Renner, Schmidt y Schram, 2017). A causa de las diferentes características de los plásticos, se necesita materiales de referencia para caracterizar los tipos de polímeros. El Sistema de Control Dinámico (SCD) se puede utilizar para identificar partículas primarias específicas, como microperlas de polietileno (Castañeda et al., 2014). Sin embargo, debido a la superposición en las transiciones de fase, no se pudieron identificar polímeros como PVC, PA, PES y PET (Majewsky et al., 2016).

La mayoría de los plásticos que terminan en el océano con el tiempo van degradándose y desprendiendo pequeños fragmentos plásticos, donde estos terminan depositándose en zonas costeras, aguas superficiales hasta el fondo del mar (Auta, Emenike y Fauziah, 2017). El traslado de los MPs es

complejo, ya que depende de varios factores como la: flotabilidad, bioincrustación; además de su tipo, tamaño y forma de los polímeros; también influye el viento, accionar de las olas, corrientes locales y de gran escala (GESAMP, 2016). Los estudios han descubierto que, en algunas áreas con alta acumulación, los MPs han alcanzado concentraciones de hasta 1300 partículas por·km² (Fernández et al., 2021).

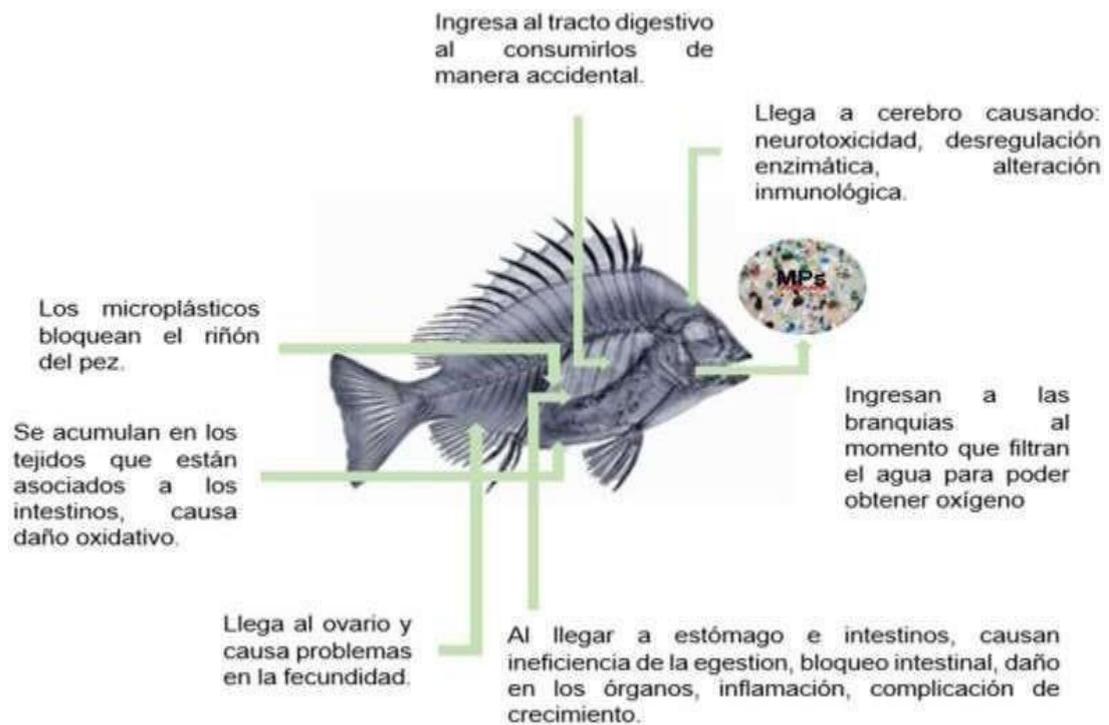
El interés en conocer las vías de ingreso de los MP a los océanos, ha llevado a investigadores a indagar y profundizar. Varios estudios coinciden que los ríos transportan desde el 70 o hasta el 80% de plásticos, donde la mayoría es proveniente de procesos que se dieron en industrias, campos agrícolas y PTARs, siendo estos los primeros en contaminar los océanos con el descargo de sus efluentes (Díaz Dávila 2018; Wang et al. 2020; Ostle et al. 2019; Du, Hao y Wang 2021).

Las corrientes oceánicas como el Pacífico, Atlántico e Índico se consideran zonas importantes para la acumulación de residuos plásticos debido al patrón de rotación de las corrientes, ya que capturan altas concentraciones de estos residuos moviéndolos hacia el centro de la región (National Oceanic and Atmospheric Administration 2020; Lusher 2015).

La presencia de MPs en el entorno marino y costero genera un problema global significativo debido a los impactos negativos que provocan, tales como su ingesta por parte de las especies marinas y su capacidad para absorber contaminantes químicos del agua (Ostle et al., 2019). La ingestión de MPs por animales, incluidas aves marinas, focas, leones marinos, delfines, ballenas, reptiles marinos y zooplancton están bien documentados, y las preocupaciones surgen por la posibilidad de que MPs y otros tipos de plásticos estén causando obstrucción en el tracto digestivo y órganos, muy aparte de actuar como vectores de contaminantes químicos que son absorbidos en superficies. Las aves marinas fueron el tema de otro estudio que realizaron (Fernández et al., 2021), ellos descubrieron que los MPs

actúan más como muestreadores pasivos, ya que reflejan perfiles contaminantes orgánicos persistentes en el tracto gastrointestinal, mucho más allá de actuar como vector para la bioacumulación de contaminantes (Du et al., 2021).

Figura 2. Microplásticos en el pez



Fuente: *Elaboración propia.*

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada (Ander-Egg, 2017), ya que el proyecto de investigación está orientado a dar soluciones a problemas, caracterizándolos por buscar la aplicación de conocimientos que se extraen de artículos originales (Gerardo, 2017). Por ello, se dice que es aplicada, ya que diversos autores lo utilizan para resolver sus problemas y obtener respuestas.

La investigación cualitativa, se enmarca en la realidad subjetiva, dinámica y compuesta. Ya que, enfoca en realizar un análisis profundo y reflexivo de significados subjetivos e intersubjetivos formando parte de las realidades estudiadas (Barrantes Echavarría, 2016). El diseño de la investigación es narrativo de tópicos, ya que este diseño busca recolectar información enfocado hacia una temática, suceso o fenómeno (Salgado, 2007). Por ello, este trabajo de investigación es cualitativa y de diseño narrativo tópicos, ya que se va a analizar información de artículos originales referido a todo lo relacionado a Microplásticos en especies marinas.

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización

Se realizó una matriz de categorización que se muestra en la tabla 2. En las categorías y subcategorías se definieron los métodos y tipos de microplásticos encontrados en especies marinas.

Tabla 2. Matriz de categorización.

| Objetivos Específicos | Problemas Específicos | Categorías | Subcategorías | Unidad de análisis |
|--|--|--|--|--|
| Identificar el método de identificación de microplásticos en especies marinas. | Identificar el método de identificación de microplásticos en especies marinas. | Métodos de identificación de microplásticos en especies marinas. | <p>Método de Cloruro de sodio (NaCl) por identificación visual</p> <p>Método Hidróxido de potasio (KOH)</p> <p>Método de mezcla ácida (combinación de HNO₃ y HClO₄)</p> <p>Método solución salina de yoduro de sodio con solución de NaCl.</p> <p>Método con solución de cloruro de zinc (ZnCl₂)</p> <p>Método con solución NaI</p> | <p>(Li et al., 2018), (Hadibarata et al., 2021), (Roch y Brinker, 2017), (Ivleva et al., 2016), Leung et al., 2021), (Bakir et al., 2016), (Karlsson et al., 2017), (Dehaut et al., 2016), (Welden et al., 2016), (Corinaldesi., 2021), (Avio et al., 2017), (Wootton et al., 2021), (Ghosh et al., 2021), (Vital et al., 2021), (Naji et al., 2018), (Kirkbride et al., 2021), (K. James et al., 2020),</p> |

| | | | | |
|--|--|--|---|---|
| | | | <p>Método degradación química y Método degradación enzimática de la matriz orgánica</p> <p>Método de espectroscopia de rayos X de energía dispersiva (EDX)</p> <p>Método de microespectroscopía infrarroja con transformada de Furier (FTIR)</p> <p>Método de microespectroscopia Raman (RM)</p> <p>Método de microscopía electrónica de barrido, scanning electron</p> | <p>(Bermúdez-Guzmán, C. Alpízar-Villalobos, J. Gatgens-García et al., 2020), (Güven et al., 2017), (Alomar et al., 2017), (Alomar et al., 2020), (K. Pham et al., 2020), (Diogo Neves et al., 2016)</p> |
|--|--|--|---|---|

| | | | | |
|--|---|--|--|--|
| | | | <p>microscopy (SEM)</p> <p>Método OMEGA (Optimal Modeling for Ecotoxicological Applications)</p> <p>Método de Termoextracción y desorción acoplada con espectrometría de masas por cromatografía de gases (TED-GC/ EM)</p> | |
| <p>Identificar los tipos de microplásticos encontrados en especies marinas</p> | <p>¿Cuáles son los tipos de microplásticos encontrados en especies marinas?</p> | <p>Tipos microplásticos encontrados especies marinas</p> | <p>Según su concentración</p> <p>Según su cantidad</p> <p>Según su tamaño</p> <p>Según su localización</p> | <p>Kaílsson et al., 2017), (Munari et al., 2020), (Hodkovicova et al., 2021), (Nelms et al., 2016), (Auta et al., 2017).</p> |

| | | | | |
|---|---|---|---|--|
| <p>Identificar que órganos de las especies marinas son los más afectados por los microplásticos</p> | <p>¿Qué órganos de las especies marinas son los más afectados por los microplásticos?</p> | <p>Órganos más afectados de especies marinas por microplásticos</p> | <p>Estómago Tracto gastrointestinal Branquias</p> | <p>Leung et al., 2021), (Wootton et al., 2021), (Roch y Brinker, 2017), (Bhagat et al., 2020), Vital et al., 2021), (Hodkovicova et al., 2021), (Hu et al., 2021), (Welden et al., 2016), (Alomar et al., 2017), (Alomar et al., 2020)</p> |
|---|---|---|---|--|

3.3. Escenario de estudio

Los investigadores de los artículos originales usaron como escenario de estudio, laboratorios equipados con instrumentos para poder identificar las partículas de microplásticos que hallaron en diferentes especies marinas, como también se desarrollaron en diversos campos de estudio.

3.4. Participantes

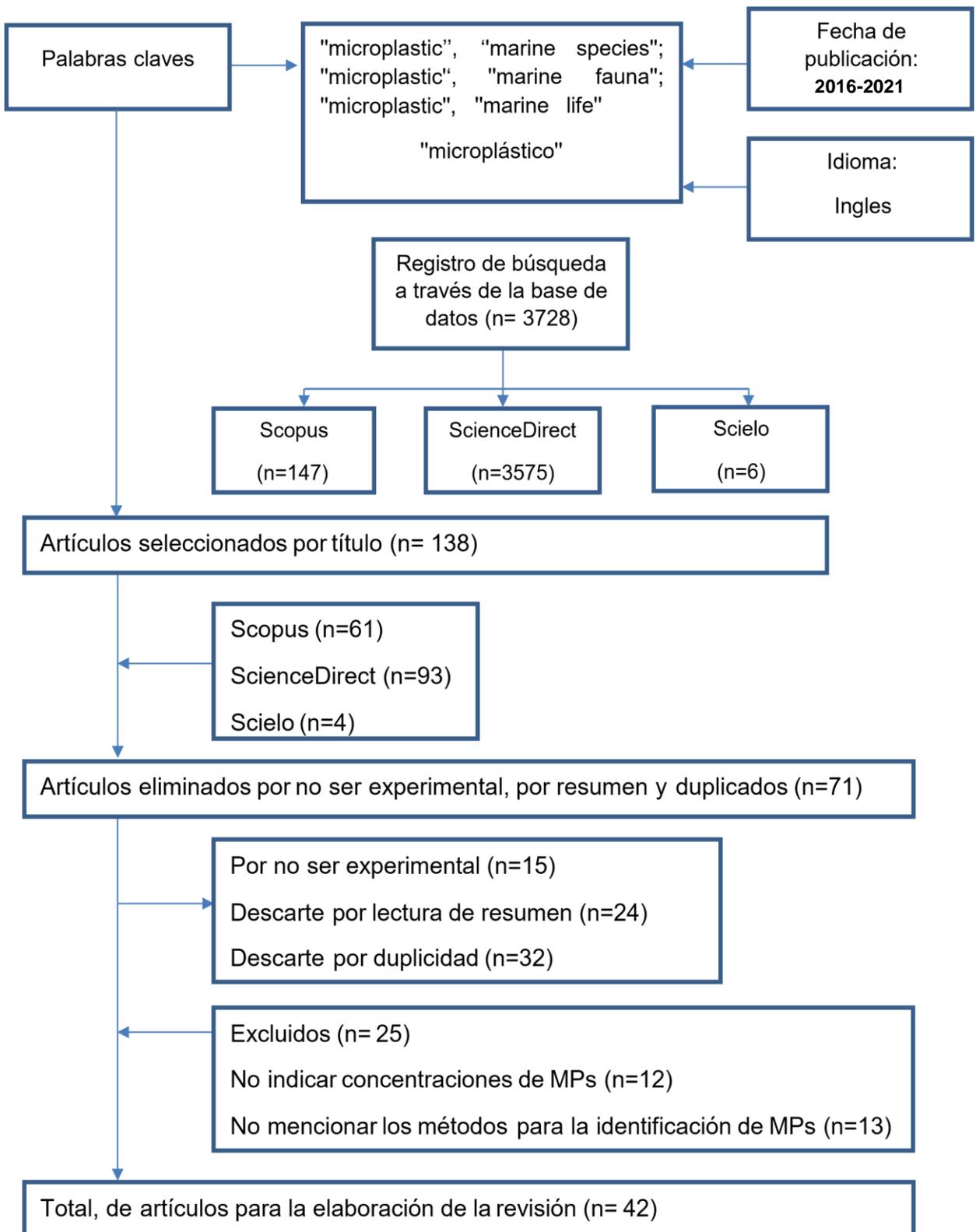
La presente investigación contó como participantes a artículos originales, la cual fueron recolectadas por bases de datos, como Scopus, Sciencedirect y Scielo para recolectar información tanto en idiomas inglés y español.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica es el análisis documental como un conjunto de operaciones, su finalidad es poder analizar toda la información encontrada y lograr el objetivo de esta revisión sistemática.

Como instrumento de recolección de datos, se utiliza la ficha de recolección de datos para facilitar y ordenar la información de diferentes artículos, se encuentra en Anexo 1.

3.6. Procedimiento



El procedimiento a seguir para la elaboración de esta revisión sistemática consta de 4 etapas:

Muestreo inicial:

Se realizó búsquedas de artículos originales, mediante bases de datos, como Scopus y Sciencedirect principalmente para buscar artículos en inglés, y para los artículos en español se utilizó la base de datos Scielo. Para proveer y facilitar la investigación, se han utilizado palabras clave como “Microplastic”, “marine species”; “Microplastic”, “marine fauna”; “Microplastic”, “marine life” en inglés y en español “Microplásticos” y

“especies marinas” de forma conjunta. Obteniendo 3728 artículos en los siguientes idiomas: 3722 en inglés y 6 en español con un rango de años del 2016 hasta el 2021.

Criterio de selección:

Se tomó en cuenta el análisis de los aspectos que tengan mayor relevancia para el estudio, con la finalidad de encontrar los métodos de identificación, tipos, tamaños y concentraciones, naturaleza química o física; por ello se incluyeron artículos que contribuyan con la identificación de MPs en especies marinas, mientras que por otra parte se excluyó artículos que no guardaran relación con el objetivo de estudio y también los que eran de años anteriores al 2016.

Organización de las referencias:

Se dio mediante el programa Mendeley del cual ayudó para redactar, citar y referenciar los artículos con estilo ISO 690 (numeric, parentheses, czech).

Cadena de búsqueda en inglés:

Scopus

Para la búsqueda en Scopus se emplearon los siguientes términos:

```
TITLE-ABS-KEY ( "microplastic" AND "marine AND species" OR "marine AND fauna" OR "marine AND life" ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR, 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR ,2018 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR ,2016 ) ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) )
```

Dándonos como resultado de búsqueda sólo 147 artículos originales para la elaboración del presente estudio.

Science Direct

Para el proceso de búsqueda en Sciencedirect se usaron palabras claves en inglés como: "microplastic", "marine species", "microplastic", "marine fauna"; "microplastic", "marine life" en forma conjunta. Posteriormente para la filtración de documentos encontrados se tuvo como primer filtro, el tipo de literatura, es decir solo artículos originales, luego se pasó al segundo filtro que fue por año de publicación con rango de año desde el 2016 hasta el 2021. Dándonos como resultado de búsqueda sólo 3575 artículos originales para la elaboración del presente estudio.

Cadena de búsqueda en español:

Scielo

Para el proceso de búsqueda en Scielo se usó la palabra clave: "microplásticos". Posteriormente para la filtración de documentos encontrados se tuvo como primer filtro, el tipo de literatura, es decir solo artículos originales, luego se pasó al segundo filtro que fue por año de publicación, del cual se tomaron los años 2020 y 2021.

3.7. Rigor científico

El trabajo de investigación cualitativa va a garantizar que el trabajo es válido y confiable de acuerdo con los siguientes criterios para los rigores científicos:

- a) El estudio aplica el criterio de transferibilidad, es decir, el investigador proporciona suficiente información sobre el trabajo de investigación y el contexto de la investigación para facilitar la transferencia y comparación de los resultados con otros estudios (Fernández, León Pirela y Planchart, 2021).
- b) La credibilidad es el procesamiento de datos que ha demostrado ser tan efectivo como experimentar, percibir e interpretar estudios con un marco y una duración establecidos utilizando estrategias que demuestran que los hallazgos y el significado representan la verdad; de esta forma, el criterio de credibilidad aplicado es auténtico porque detalla los resultados obtenidos por los investigadores, que son relevantes para el tema (Diaz Bazo, 2019).
- c) La relevancia es la objetividad de la investigación, se refiere a la interpretación de la investigación recopilada de diferentes investigadores y así puede ser alcanzada por otros lectores con resultados similares (Treharne y Riggs, 2015).
- d) La confirmabilidad, es donde los resultados deben avalar la veracidad de las descripciones que se llevaron a cabo por parte de los participantes. El investigador debe tener habilidades que permitan la descripción de manera exacta para adquirir la información proveniente de los participantes y los criterios referentes al fenómeno que se está estudiando (Espinoza, 2020, p.107). Esta investigación cumple con el rigor de confirmabilidad, dado que los resultados de diferentes artículos analizados no fueron modificados.

Para la recolección de datos, se obtuvo registros que estaban citados por autores y tenga resultados confiables, que sirvan de aporte y como base para futuras investigaciones.

3.8. Método de análisis de datos

Se utilizó la matriz de categorización para poder analizar la información recolectada, la cual permite que la relación de categoría y subcategoría sean específicos, basándose en la formulación de problemas y objetivos específicos que proponen en la investigación.

Se establece como categorías: diversos métodos de identificación de microplásticos en especies marinas, se tiene como sub categorías, diferentes métodos para poder identificar que microplásticos se halla dentro de una especie; y los tipos de microplásticos encontrados en especies marinas, se tiene como sub categorías, los tipos según su naturaleza química o física, su tamaño, según su concentración y según su ubicación.

3.9. Aspectos éticos

La investigación ha sido elaborada con información de documentos constatables, respetando aspectos éticos como derechos del autor, citándolos de manera correcta de acuerdo a la Referencia de Estilo ISO 690, así mismo también se respetó la normatividad de la Universidad César Vallejo, ya que se usó de manera correcta el Turnitin.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

De acuerdo a la metodología que se aplicó, se halló en los últimos 6 años un total de 42 artículos obtenidos de las siguientes bases de datos: Scopus, Science Direct y Scielo, que se utilizarán para la elaboración de resultados del proyecto de investigación.

Tabla 3. Métodos de identificación de microplásticos en especies marinas.

| Referencia | Especie | Método de Identificación | Aplicación | MPs Identificados con el método |
|-------------------------|---|--|--|--|
| (Karlsson et al., 2017) | Mejillones azules (<i>Mytilus edulis</i>) | Método de cloruro de sodio por inspección visual | Para separar por densidad los MPs y extraer sedimentos por flotación | Poliestireno (PS) y Polipropileno (PP), Poliamida (PA), Poliéstireno expandido (EPS), Tereftalato de Polietileno (PET) Polietileno de baja densidad (LDPE) |

| | | | | |
|------------------------------|---|---|---|--|
| <p>(Li et al., 2016)</p> | <p>Mejillones (<i>Mytilus edulis</i>)</p> | <p>Método de cloruro de sodio por inspección visual</p> | <p>Para separar por densidad los MPs y otros residuos del líquido disuelto del tejido blando mediante flotación</p> | <p>Poliéster</p> |
| <p>(Abbasi et al., 2018)</p> | <p>Langostino tigre (<i>Penaeus semisulcatus</i>)</p> | <p>Método de mezcla ácida (combinación de HNO₃ y HClO₄)</p> | <p>Para digerir por completo el material más resistente, como las branquias y piel-exoesqueleto</p> | <p>Polipropileno (PP), Polietileno (PE), Poliestireno (PS)</p> |

| | | | | |
|---------------------------|--|---|--|--|
| | Peces demersales y pelágicos (<i>Tumbil Saurida</i> , <i>Platycephalus indicus</i> y <i>Cynoglossus abbreviatus</i>) | Método solución salina de yoduro de sodio | Para extraer los MP incrustados en el tracto gastrointestinal de los peces | |
| (Hadibarata et al., 2021) | Atún listado (<i>Euthynnus affinis</i>) | Método de KOH | Para una mejor observación de los MPs en los tractos gastrointestinales se usó la solución de KOH en el atún con la finalidad de tener una rápida degradación del material orgánico. | Éteres de difenilo polibromados (EDPB) |

| | | | | |
|------------------------|---|---|---|---|
| (Roch y Brinker, 2017) | Gobio redondo (<i>Neogobio melanostomus</i>) y barbo común (<i>Barbus barbus</i>) | Método de NaOH y NaI | Este método produjo una tasa de recuperación de microplásticos de $\geq 95\%$ y todos los tipos de polímeros probados 31 se recuperaron con solo cambios menores en peso, tamaño y color. | Poliestireno (PS), Tereftalato de polietileno (PET) y Cloruro de Polivinilo (PVC). |
| | | Método microespectroscopía de infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) | Para registrar el tipo de plástico antes y después de la digestión | Tereftalato de polietileno (PET), Cloruro de Polivinilo (PVC), poliestireno (PS), Polipropileno (PP), Polietileno de Alta Densidad (HDPE), Polietileno de baja densidad (LDPE). |

| | | | | |
|-----------------------|--------------|--|---|---|
| (Ivleva et al., 2016) | Fauna marina | Método con microscopía (óptica, electrónica) | Para monitorear las suspensiones de microplásticos de las muestras ambientales | Fibras y fragmentos |
| | | Método con solución de NaCl y NaI | La combinación de fluidización en una solución de NaCl y flotación en una solución de NaI produce una recuperación del 68 al 99 % de MPs. | Polipropileno (PP), Cloruro de Polivinilo (PVC), Polietileno (PE), Poliamida (PA), Poliestireno (PS), Polimetilmetacrilato (PMMA), Alcohol polivinílico (PVOH); Resina alquídica (Alkyd), Poliéter sulfonas (PES) |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | <p>Método con solución cloruro de zinc ($ZnCl_2$) en combinación con "Separador de sedimentos plásticos de Munich" (MPSS)</p> | <p>El uso de $ZnCl_2$ solución en combinación con un instrumento recientemente desarrollado, el "Separador de sedimentos plásticos de Munich" (MPSS) tiene recuperaciones del número de partículas de 96 a 100 % para MP más grandes, y también posee buenas recuperaciones (96 % m/m) para MP pequeñas (<1 mm).</p> | <p>Cloruro de polivinilo (PVC), Poliéter sulfonas (PES), Tereftalato de polietileno (PET), Polióxido de metileno (POM), Resina alquídica (Alkyd)</p> |
| | | <p>Método degradación química y Método degradación enzimática de la matriz orgánica</p> | <p>Para el método por degradación química, principalmente se usa la solución peróxido de hidrógeno al 30 % (H_2O_2) o mezclas de H_2O_2 y ácido sulfúrico (H_2SO_4) Otros grupos utilizan la combinación de agua desionizada o solución de dodecilsulfato de sodio (SDS) y un baño ultrasónico.</p> | <p>MP pequeñas (<1 mm)</p> |

| | | | | |
|--|--|---|--|----------------------|
| | | | Para la degradación enzimática, las muestras de MP se tratan con una mezcla de enzimas técnicas (lipasa, amilasa, proteinasa, quitinasa y celulasa). | |
| | | Método de espectroscopia de rayos X de energía dispersiva (EDX) | Permite la caracterización química/análisis elemental de materiales. El cual, hallaron el 20% de todas las partículas menores de 1 mm | Silicato de aluminio |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | | <p>Método microespectroscopía de infrarroja con transformada de Furier (FTIR)</p> | <p>Se utiliza para identificar y distinguir con facilidad los polimeros para una amplia gama de tamaños.</p> | <p>Polietileno (PE) y Polipropileno (PP)</p> |
| | | <p>Método microespectroscopia Raman (RM)</p> | <p>Se utiliza como huella química que identifica claramente una molécula o material.</p> | <p>Polietileno (PE) y Polipropileno (PP)</p> |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | <p>Método Termoextracción y desorción acoplada con espectrometría de masas por cromatografía de gases (TED-GC/ EM)</p> | <p>Con este método es posible calibrar y determinar el porcentaje en peso de PE en diferentes matrices ambientales (suelo, mejillones y sólidos en suspensión)</p> | <p>Polipropileno (PP), Polietileno (PE), Poliestireno (PS)</p> |
| | | <p>Método de termografía acoplada a calorimetría diferencial de barrido (TGADSC)</p> | <p>Solo se puede utilizar para la identificación de PE y PP, ya que no se pueden distinguir otros polímeros comunes.</p> | <p>Polipropileno (PP), Polietileno (PE)</p> |

| | | | | |
|-----------------------|--|----------------------------------|---|---|
| (Dehaut et al., 2016) | Mariscos, mejillón, moluscos, crustáceos y peces | Método Pyr-GC / MS | Proporcionan información cuantitativa de masas e identificación de contaminación microplástica | Acetato de celulosa (AC); poliestireno expandido (ePS); polietileno de alta densidad (HDPE); polietileno de baja densidad (LDPE); poliamida (PA); polilaurilactama (PA-12); policaprolactama (PA-6); policarbonato (PC); polietileno (PE); polietileno tereftalato (PET); polipropileno (PP) poliestireno (PS); politetrafluoroetileno (PTFE); poli (metilmetacrilato) (PMMA); poliuretano (PUR); poliestireno reticulado (PSXL); cloruro de polivinilo no plastificado (uPVC). |
| | | Método microespectrometría Raman | Para analizar el número, tamaño, forma y composición química de una gran cantidad de partículas | |

| | | | | |
|---------------------------------|--|--|---|---|
| <p>Leung y col. (2021)</p> | <p>Mejillón labios verdes (<i>Perna viridis</i>)</p> | <p>Método microespectrometría Raman</p> | <p>Permite el escaneo y mapeo de microplásticos en todas las membranas del filtro, ofreciendo claras ventajas sobre los procesos convencionales de análisis de partículas</p> | <p>Polipropileno (PP), polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET), y poliestireno (PS).</p> |
| <p>(Bakir et al., 2016)</p> | <p>Pez, invertebrado bentónico y ave marina</p> | <p>Método OMEGA (Optimal Modeling for Ecotoxicological Applications)</p> | <p>Para calcular las concentraciones internas de contaminantes en estado estacionario en individuos en diferentes niveles tróficos. Además, permite diferenciar y estimar las contribuciones relativas de los microplásticos de la ingesta combinada de alimentos y agua.</p> | <p>Polietileno (PE), Cloruro de polivinilo (PVC)</p> |

| | | | | |
|------------------------------|--|---|--|---|
| <p>(Welden et al., 2016)</p> | <p>Cigala (<i>Nephrops norvegicus</i>)</p> | <p>Método microespectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR)</p> | <p>Para identificar un subconjunto de 100 artículos de plástico sospechosos.</p> | <p>Nailon, polipropileno (PP), polietileno (PE), Cloruro de polivinilo (PVC)</p> |
| <p>(Corinaldesi., 2021)</p> | <p>Coral (<i>Corallium rubrum</i>)</p> | <p>Método de microscopía electrónica de barrido, scanning electron microscopy (SEM)</p> | <p>Analizar los tejidos con concentraciones de partículas microplásticas.</p> | <p>Polietileno (PE), Polipropileno (PP) y Poliestireno (PS), Teraftalato de Polietileno (PET) y Cloruro de Polivinilo (PVC)</p> |

| | | | | |
|--|--|--|---|---|
| (Avio et al., 2017) | Gusanos de oreja | Método de microscopía electrónica de barrido, scanning electron microscopy (SEM) | Permite caracterizar organismos de pequeñas partículas de plástico | Cloruro de Polivinilo (PVC) |
| (Wootton et al., 2021) | Peces y mariscos comerciales | Método de microespectroscopía de infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) | Para confirmar que eran de plástico e identificar el tipo de polímero | Polietileno (PE) (fibra, película, fragmento), Polipropileno (PP). |
| (Ghosh, SM Akter, RM Islam et al., 2021) | Peces marinos comerciales | Método de microespectroscopía de infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) | Para la identificación de polímeros representativos en peces | polietileno (PE), polipropileno (PP), poliéster (PES), poliuretano (PU), monómero de etileno propileno dieno (EPDM) y caucho de estireno butadieno (SBR). |
| (Vital et al., 2021) | Especies marinas comerciales como los bivalvos: mejillones (<i>Mytilus galloprovincialis</i>), almejas (<i>Scrobicularia plana</i>), cangrejos | Método de KOH y NaCl | Para la detección de MPs en especies marinas | perla de fragmento, esfera, gránulos, línea o escama |

| | | | | |
|---------------------|---|---|--|---|
| | <i>(Carcinus maenas)</i> y pescado <i>(Mullus surmuletus)</i> | Método de microespectroscopía de infrarroja con transformada de Furier (FTIR) | Para la identificación de polímeros representativos en mejillones MPs | Polipropileno (PP), polietileno (PE), acetato de polivinilo (PVA) |
| (Naji et al., 2018) | Moluscos, mariscos, almejas <i>(Amiantis umbonella)</i> y <i>Amiantis purpuratus</i> , gasterópodos (caracol de barro- <i>Cerithidea cingulata</i> y caracol carnívoro- <i>Thais mutabilis</i>) y bivalvos | Método de microespectroscopía de infrarroja con transformada de Furier (FTIR) | Ayuda a identificar claramente las partículas microplasticas en la especie | polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET) y nailon (PA) |

| | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|---|
| <p>(Kirkbride et al., 2021)</p> | <p>especies marinas</p> | <p>Método de espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR)</p> | <p>Para identificar la composición de partículas</p> | <p>Tereftalato de polietileno (PET), poliestireno (PS) y nailon (PA).</p> |
| <p>(James et al., 2020)</p> | <p>Peces: <i>Sardinella longiceps</i>, <i>S. gibbosa</i>, <i>Stolephorus indicus</i>, <i>Rastrelliger kanagurta</i>, <i>Cyanoglossus macrostomus</i></p> | <p>Método de espectroscopia Raman</p> | <p>Para la identificación de polímeros MPs en intestinos de los peces analizados</p> | <p>Polietileno (PE) y Polipropileno (PP)</p> |

| | | | | |
|-----------------------------|---|--|---|--|
| <p>(De et al., 2020)</p> | <p>Pez Arenque (<i>Opisthonema</i>)</p> | <p>Método de espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR) y Método de microscopía electrónica de barrido, scanning electron microscopy (SEM)</p> | <p>Para determinar el tamaño de la muestra de MP y su complejidad metodológica para determinar los tipos de fibra y fragmentos encontrados en las muestras.</p> | <p>Polipropileno (PP)</p> |
| <p>(Güven et al., 2017)</p> | <p><i>Scomber japonicus</i>, <i>Liza aurata</i></p> | <p>Método de espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR)</p> | <p>Con el fin de confirmar que las partículas de micro litro recogidas eran hecho de plásticos,</p> | <p>Poliestireno (PS), Poliestireno de alto impacto (HIPPS), polipropileno (PP), poliamida (PA)</p> |

| | | | | |
|------------------------------|---|---|---|---|
| <p>(Alomar et al., 2017)</p> | <p>Tiburón boca negra (<i>Galeus Melastomus</i>)</p> | <p>Método de infrarepductoscopia de transformada de μ-Fourier (μFTIR)</p> | <p>Para la identificación del tipo de MPs y su clasificación en fragmentos, filamentos y películas</p> | <p>Tereftalato de Polietileno (PET)</p> |
| <p>(Alomar et al., 2020)</p> | <p><i>Espondilosoma cantharus, Raja clavata, Serrano cabrilla, Trachinus draco, Scyliorhinus canícula</i></p> | <p>Método con microscopio estereoscópico (Euromex NZ 1903-S)</p> | <p>Identificación de MPs en individuos mediante la clasificación visual de los tractos gastrointestinales</p> | <p>Polietileno (PE)</p> |

| | | | | |
|-----------------------------------|---|--|--|---|
| <p>(K. Pham et al., 2020)</p> | <p>Peces de alto comercio: Azores (<i>blackbelly roisshe</i>, <i>F. Helicolenus dactylopteru</i>, jurel azul, <i>Trachurus picturatu</i>, caballa S , peinador colia, besugo mancha negra, <i>agello bogaraveoy</i>, atún <i>listadok</i> , <i>atsuwonus pelam</i>)</p> | <p>Método de infrarepdectroscopia de transformada de μ-Fourier (μFTIR)</p> | <p>Para la validación de resultados y la identificación de polímeros.</p> | <p>Policarbonato (PC) y Teraftalato de Polietileno (PET)</p> |
| <p>(Diogo Neves et al., 2015)</p> | <p><i>Macrophthalmus</i>, <i>Mullus surmultus</i>, <i>Carne de Pagellus</i>, <i>Sardina pilchardus</i>, <i>Canicula de Scyliorhinus</i>, <i>Trachurus picturatus</i>, <i>Trichiurus lepturus</i></p> | <p>Método de infrarepdectroscopia de transformada de μ-Fourier (μFTIR)</p> | <p>El análisis μ-FTIR se realizó en partículas y fibras seleccionadas, que representan los elementos más comunes en las muestras.</p> | <p>Polipropileno (PP), Polietileno (PE), Tereftalato de polietileno (PET), Poliester, Poliacrilonitrilo (PAN), Poliamida 6 (Nailon 6)</p> |

Para la elaboración de la **Tabla 3**, se utilizaron 24 artículos originales referente al objetivo específico que menciona sobre los métodos de identificación de microplásticos en especies marinas. Así tenemos que los métodos más mencionados son método de NaCl por inspección visual, método de NaCl y NaI, método con solución cloruro de zinc ($ZnCl_2$) en combinación con "Separador de sedimentos plásticos de Munich" (MPSS), método de espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR), método de espectroscopia Raman y método de espectroscopia de rayos X de energía dispersiva (EDX).

Particularmente, para las muestras de sedimentos a granel, las partículas de MPs deben separarse de sedimentos como arenas o piedras (Ivleva et al., 2016). Y para esta separación, el fraccionamiento por densidad es el más empleado. Donde usualmente las soluciones salinas saturadas son las más utilizadas, ya que permite que las partículas de baja densidad (MPs) comiencen a flotar y las de mayor densidad empiezan a hundirse (arena, piedras, ...), esta separación ayuda a poder identificar a los MPs con mayor facilidad mediante la inspección visual. A raíz de eso (Ivleva et al., 2016, Li et al., 2016, Karlsson et al., 2017) informan que para la identificación de MPs, la mejor solución es la de Cloruro de sodio (NaCl) pues según ellos esta solución logra separar todos los tipos de plásticos como PP, PA, PS, EPS, LDPE, sin mencionar que es fácil de conseguir, económico y no tóxico (Ivleva et al., 2016). Por otro lado, (Roch y Brinker, 2017, Ivleva et al., 2016) mencionan que la combinación de fluidización de la solución NaCl con flotación de la solución de Yoduro de sodio (NaI) es mejor, ya que (Ivleva et al., 2016) con ese método tuvo una tasa de recuperación de 68 a 99% de partículas MPs de Polipropileno (PP), Cloruro de Polivinilo (PVC), Polietileno (PE), Poliamida (PA), Poliestireno (PS), Polimetilmetacrilato (PMMA), Alcohol polivinílico (PVOH); Resina alquídica (Alkyd), Poliéter sulfonas (PES), a diferencia de (Roch y Brinker, 2017) que le produjo una tasa de recuperación de números de partículas $\geq 95\%$ de polímeros de Poliestireno (PS), Tereftalato de polietileno (PET) y Cloruro de Polivinilo (PVC). Sin embargo, en comparación de otros métodos de solución, (Ivleva et al.,

2016) menciona que el uso de la solución de Cloruro de zinc ($ZnCl_2$) en combinación con el instrumento del separador de sedimentos plástico de Munich (MPSS) tiene la mayor tasa de recuperación de partículas MPs que varía entre 96 a 100% de polímeros recuperación de PP, PE, PS, PVC, PES, PET, POM, Alkyd con tamaño de partículas grande y pequeño (Ivleva et al., 2016). Asimismo, (Güven et al., 2017) mencionan que como hay métodos de identificación visual por medio de soluciones químicas, también hay métodos por espectroscópicos. Como la espectroscopia de rayos X de energía dispersiva (EDX) que menciona (Ivleva et al., 2016) el cual, este método facilita la caracterización química/análisis elemental de materiales permitiendo hallar el 20% de todas las partículas menores de 1 mm como el Silicato de aluminio. Por otro lado, (Welden et al., 2016, Wootton et al., 2021, Ghosh, SM Akter) mencionan que el método de espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR) permite un análisis válido y preciso de muestras MPs. Y en cuanto a la identificación de tipos de polímeros (Islam et al., 2021, Vital et al., 2021, Naji et al., 2018) mencionan que la amplia gama de tamaños depende del tipo de plástico, ya que estos tienen diferente composición, entre tanto, (Kirkbride et al., 2021, Güven et al., 2017, Alomar et al., 2017, Pham et al., 2020) coinciden que los plásticos más identificados con este método son el PET, PVC, PS, PP, HDPE, LDPE. Aun así, en comparación de los métodos mencionados anteriormente, (Ivleva et al., 2016, Dehaut et al., 2016) mencionan que el método de espectroscopia de Raman, analiza solo partículas grandes o pequeñas, ya que es de alta resolución espacial, por lo que permite la identificación química de fibras y partículas MPs de hasta tamaños de 1 μm a 20 μm (Ivleva et al., 2016), sin embargo, (Leung et al .,2021, James et al., 2020) mencionan que este método requiere de mucho tiempo para la identificación de partículas MPs como PP, PE, PET, PS, HDPE, LDPE, PA, PA-12, PA-6, PC.

Tabla 4. Tipos de microplásticos encontrados en especies marinas.

| Referencia | Especie marina | Descripción del MP encontrado | Tipo de MP |
|--------------------------|---|---|---|
| (Karlsson et al., 2017) | Mejillón azul (<i>Mytilus edulis</i>) | Cantidad promedio de MP: 37 000 Localización: Mar del Norte Holanda | Poliestireno (PS) y Polipropileno (PP), Poliamida (PA), Poliestireno expandido (EPS), Tereftalato de Polietileno (PET) Polietileno de baja densidad (LDPE). |
| (Li et al., 2018) | Mejillón (<i>Mytilus edulis</i>) | Cantidad de MPs: 7.6% Concentración: 0.36±0,07 μm MPs/g de peso húmedo encontrados Tamaño: 10um Localización: Reino Unido | Poliéster |
| (Andreasun et al., 2021) | Atún listado (<i>Euthynnus affinis</i>) | Cantidad de MPs: 9 Concentración: 56.41±20.11 de MPs encontrados Tamaño: < 0.25; 0.25 - 0.5; 0.5 - 1.0; 1.0 - 5.0 Localización: Costa sur de Java, Indonesia | Éteres de Difenilos Polibromados (PBDE) |

| | | | |
|------------------------|---|--|---|
| (Leung y col., 2021) | Mejillón labios verdes (<i>Perna viridis</i>) | Concentración: 41,7 a 4679 μm Localización: China | Poliestireno (PS) |
| (Damaris et al., 2020) | Camarones (<i>Metapenaeus dobsoniy</i>) (<i>Fenneropenaeus indicus</i>), Calamar- <i>Uroteuthis</i> (<i>Photololigo</i>) <i>duvaucelii</i> Cangrejo azul- <i>Portunus pelagicus</i> | Cantidad de partículas MPs /individuo: 0.18 \pm 0.48 de calamar Cantidad de partículas MPs /individuo: 0.14 \pm 0.44 de cangrejo Tamaño: 100 μm - 200 μm Longitud: 130 μm - 286 μm Localización: India | Polipropileno (PP), Polietileno (PE), Poliestireno (PS) |
| (Naji et al., 2018) | <i>Amiantis umbonella</i> | Concentración: 0.2 a 21.0 μm Localización: Costa Iraní de los persas | Polipropileno (PP), Polietileno (PE), Poliestireno (PS) |
| (Abidli et al., 2019) | <i>Mytilus galloprovincialis</i> | Concentración: 703.95 \pm 109, 8 a 1482, 82 \pm 19,2 μm Localización: Norte de Túnez | |
| (Everaert et al. 2020) | <i>Phylum Cnidaria</i> <i>Acróporaspp.</i> | Concentración (Nº de partículas/L): 1900 | Polipropileno (PP), Polietileno (PE), Poliestireno (PS) |

| | | | |
|----------------------------|--|---|---|
| (Abbasi et al., 2018) | Langostino tigre (<i>Penaeus semisulcatus</i>) | Cantidad de MPs: media = 7,8 Tamaño: 250 a 500 μm Concentración: $0,80 \pm 0,12 \text{ g}^{-1}$ Localización: Golfo Pérsico | Polipropileno (PP), Polietileno (PE), Poliestireno (PS) |
| | Peces demersales y pelágicos (<i>Tumbil Saurida</i> , <i>Platycephalus indicus</i> y <i>Cynoglossus abbreviatus</i>) | Cantidad de MPs: media = 21,8 Tamaño: 100 a 250 μm Concentración: $1,85 \pm 0,46$; $0,57 \pm 0,17$; $0,78+ 0,22 \mu\text{m}$ Localización: Golfo Pérsico | |
| (Hodkovicova et al., 2021) | Trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) | Cantidad de MPs: 0.5 a 2% Concentración; $0,01 < 0,05 \mu\text{m}$ Localización: República Checa | Polietileno (PE) |
| (Vital et al., 2021) | Mariscos: s mejillones (<i>Mytilus galloprovincialis</i>) y almejas (<i>Scrobicularia plana</i>), cangrejos (<i>Carcinus maenas</i>) así como pescado (<i>Mullus surmuletus</i>) | Cantidad de MPs: 86% Concentración: $3.2 \pm 0,2 \text{ cm}$; $n = 15$ - $5.5 \pm 0,2 \text{ cm}$, $n = 30$ Fragmentos verdes de PP, fragmento azul de PE. Localización: laguna de Ria Formosa, Italia. | Polipropileno (PP), Polietileno (PE) |
| (Hu et al., 2021) | Crucian (<i>Carassius carassius</i>) | Concentración: 300-750 μm a 1000 y 2000 μm Localización: China | Polietileno (PE) |

| | | | |
|----------------------------|---|--|--|
| (Welden et al., 2016) | Langosta (<i>Nephrops norvegicus</i>) | Cantidad: 67% Localización: Reino Unido | Polietileno (PE), Cloruro de Polivinilo (PVC) |
| (Alomar et al., 2017) | Tiburón boca negra (<i>Galeus Melastomus</i>) | Cantidad: 16,80% Concentración: 0,34± 0,07 Tamaño: <5 mm Localización: España | Tereftalato de Polietileno (PET) |
| (Alomar et al., 2020) | <i>espondilosoma cantharus, Raja clavata, serrano cabrilla, Trachinus draco, Scyliorhinus canícula</i> | Cantidad: 45% Concentración: 0 y 2,0 ± 1,09 Localización: España | Polietileno (PE) |
| (Diogo Neves et al., 2015) | <i>Macrophthalmus, Mullus surmullus, Carne de Pagellus, Sardina pilchardus, Canicula de Scyliorhinus, Trachurus picturatus, Trichiurus lepturus</i> | Cantidad: 50% Concentración: 0,67 ± 1,2 Macrophthalmus; 0,29 ± 0,49 Mullus surmullus; 0,40 ± 0,89 Carne de Pagellus; 1,66 ± 0,57 Sardina pilchardus; 0,57 ± 0,79 Canicula de Scyliorhinus; 0,46 ± 0,78 Trachurus picturatus; 0,12 ± 0,33 Trichiurus lepturus. Localización: Costas portuguesas | Polipropileno (PP), Polietileno (PE), Tereftalato de polietileno (PET), Poliéster, Poliacrilonitrilo (PAN), Poliamida (Nailon) |

| | | | |
|--|---|--|--|
| (Hamed et al., 2021) | Carpa común (<i>Cyprinus carpio L</i>) | Macroplásticos polietileno (MaPs;> 5 mm de tamaño), Microplásticos (MPs; 5 mm> MPs> 100 nm de tamaño) Nanoplásticos (NPs; <100 nm de tamaño) Localización: Egipto | Polietileno (PE) |
| (Trotter, MV Wilde, J. Brehm et al., 2021) | Pulga de agua (<i>Daphnia magna</i>) | Microplásticos de poliestireno: concentración de 101,6 mg/l. Tamaño de PS: <20 µm Concentración: de NaCl (1, 3, 5, 7, 9 g/l) Localización: Alemania | Poliestireno (PS) |
| (Wootton et al., 2021) | Peces y mariscos comerciales | Cantidad: de 0. 94 piezas por pez, pero varió de 0 a 17 piezas Localización: Tasmania, Australia | Polietileno (PE) (fibra, película, fragmento). Polipropileno (PP) |
| (Roch y Brinker, 2017) | Peces blancos (<i>Coregonus lavaretus L.</i>) | Concentración: amarillo (900 - 550 µm, 10 partículas) rojo (549 - 300 µm, 10 partículas), azul (299 - 100 µm, 20 partículas); 25 mL de 1 mol L-1 NaOH, 72 mL de 126 65% HNO3 y se utilizaron 3 mL de agua ultrapura filtrada Localización: Alemania | Poliestireno (PS) |

| | | | |
|--|---|--|--|
| (K. James et al., 2020) | Peces: <i>Sardinella longiceps</i> , <i>S. gibbosa</i> , <i>Stolephorus indicus</i> , <i>Rastrelliger kanagurta</i> , <i>Cyanoglossus macrostomus</i> | Concentración: vasos de precipitados de 500 ml que contenían 200 ml de solución saturada de NaCl 5 M (d = 1,15 g/ml) Localización: India | Poliétileno (PE) y Polipropileno (PP) |
| (Lara et al., 2021) | Peces, tortugas, aves marinas, mamíferos marinos, | Cantidad: 68% Localización: España | Poliétileno (PE) y Polipropileno (PP) |
| (Eom et al., 2021) | <i>N. awatschensis</i> (Crustacea: Mysida: Mysidae) | Concentración letal: 50 % durante 96 h (96 h-LC50) Localización: República de Corea | Microesferas de Poliestireno (PS) |
| (Bhagat et al., 2020) | Pez cebra | Concentración: 100nm - 20µm; 10µm - 600µm (intestino) 100 - 600µm (branquia) | Polipropileno (PP), Cloruro de Polivinilo (PVC), Poliétileno (PE), Poliamida (PA) |
| (Güven et al., 2017) | <i>Scomber japonicus</i> , <i>Liza aurata</i> | Concentración: MPs ingeridos por pez de 656,18 ± 803.31 Cantidad: 35 MPs encontrados en <i>Scomber japonicus</i> y en <i>Liza aurata</i> , el cual fibras (70%) y plástico duro (20,8%), mientras que otros grupos como: nailon (2,7%), caucho (0,8%) y otros (5,5%) Tamaño: entre 0.1 y 2.5 mm | Poliestireno (PS), Poliestireno de alto impacto (HIPP), polipropileno (PP), poliamida (PA) |
| (Andreas, T. Hadibarata, P. Sathishkumar et al., 2021) | Atún barrilete (<i>Euthynnus affinis</i>) | Cantidad: 19 partículas sospechosas de MP en forma de | Éteres de difenilo polibromados (EDPB) |

| | | | |
|------------------------|--|---|--|
| | | <p>filamento (84 %), angulares (11 %) y redondas (5 %)</p> <p>Tamaños de MPs: se encontraron en el rango de 1.0mi5,0 mm (1 artículo), 0,5mi1,0 mm (8 artículos), 0,25mi0,5 mm (4 artículos) y menos de 0,25 mm (5 artículos)</p> <p>Localización: Indonesia</p> | |
| (K. Pham et al., 2020) | <p>Peces de alto comercio: Azores (<i>blackbelly roisshe</i>, <i>F. Helicolenus dactylopteru</i>, jurel azul, <i>Trachurus picturatu</i>, caballa, peinador colia, besugo mancha negraPAG, <i>agello bogaraveoy</i>, atún listadok , <i>atsuwonus pelam</i>)</p> | <p>Cantidad: De los 390 peces muestreados en todas las especies, la mayoría de los 37 (es decir, el 9,49 %) contenían restos de plástico en el estómago.</p> <p>Tamaño: microplásticos pequeños (de 20 µm a < 1 mm), microplásticos grandes de 5 (mm), mesoplásticos (de 5 a 25 mm) Localización: Alemania</p> | <p>Policarbonato (PC) y Teraftalato de Polietileno (PET)</p> |
| (De et al., 2020) | <p>Pez Arenque (<i>Opisthonema</i>)</p> | <p>Cantidad: Se detectaron MP en el 100% de los individuos con un promedio de 36,7 piezas por pez, de las cuales el 79,5% fueron fibras y el 20,5% partículas. Tamaño: partículas más pequeñas que 100µm Localización: Costa Rica</p> | <p>Polipropileno (PP)</p> |

| | | | |
|--|--|---|---|
| (Walkinshaw, et al., 2020) | Peces, mariscos, crustáceos y macroalgas | Concentración en crustáceos: $0,68 \pm 0,55$ microplásticos gramo ⁻¹ Localización: Reino Unido | Polietileno (PE) y Polipropileno (PP) |
| (Ghosh, SM Akter, RM Islam et al., 2021) | Peces marinos comerciales | Cantidad: 215 microplásticos Concentración: $2.2 \pm 0,89$ microplásticos por individuo Se encontraron cinco tipos de microplásticos: fibras, películas, fragmentos, espumas y gránulos, que representaron el 53,4 %, 40 %, 3,3 %, 1,9 % y 1,4 % del total. Localización: Tailandia | Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Poliéster, Poliuretano (PU), Monómero de etileno propileno dieno y Caucho de estireno butadieno |
| (Naji et al., 2018) | Moluscos, mariscos, almejas (<i>Amiantis umbonella</i> y <i>Amiantis purpuratus</i>), gasterópodos (caracol de barro- <i>Cerithidea cingulata</i> y caracol carnívoro- <i>Thais mutabilis</i>) y bivalvos | Cantidad: entre 3,7 y 17,7 partículas por individuo Tamaño:(10 -25 μm , 25-250 μm y 250-5000 μm) Localización: Golfo Pérsico | Polietileno (PE), Tereftalato de Polietileno (PET) y Nailon |
| (Dehaut et al., 2016) | Mariscos, mejillón, moluscos, crustáceos y peces | Localización: Francia | Polietileno (PE) y Poliestireno (PS). |
| (Corinaldesi., 2021) | Coral (<i>Corallium rubrum</i>) | Cantidad: 602–633 partículas microplásticas en 14 días Concentración de partículas microplásticas: fueron $20,8 \pm 20,0$ y $96,9 \pm 20,0$ nauplios L-1h-1 | Polietileno (PE), Polipropileno (PP) y Poliestireno (PS), Teraftalato de Polietileno (PET) y Cloruro de Polivinilo (PVC) |

| | | | |
|---------------------|--|---|--|
| (Avio et al., 2017) | Gusanos de oreja | - | Cloruro de Polivinilo (PVC) |
| (Bakir., 2016) | Un pez, invertebrado bentónico y un ave marina | Concentración: 1 o 5% en peso de plástico Localización: Reino Unido | Cloruro de polivinilo (PVC) y Polietileno (PE) |
| (Everaert., 2018) | Bivalvos marinos | Densidad: media de 1,180 g cm ⁻³ Tamaño de los microplásticos (desde <1metrom a 5 mm) | Cloruro de Polivinilo (PVC), Poliestireno (PS) y nylon |

En la **tabla 4** muestra 36 artículos de investigación referente a los tipos de microplásticos que se encuentran en las especies marinas, como, por ejemplo: Polietileno (PE), Poliestireno (PS), Polipropileno (PP), Éteres de Difenilos Polibromados (PBDE), Cloruro de Polivinilo (PVC), Teraftalato de Polietileno (PET), Poliuretano (PU), Poliestireno de alto impacto (HIPP), Poliamida (PA), Polietileno de baja densidad (LDPE), Poliestireno expandido (EPS) y nailon.

En el organismo de la mayoría de especies marinas se encontraron Microplástico de Polietileno (MPs-PE) en cantidad, por ejemplo, en peces, mariscos, cangrejos, mejillones, y almejas (Vital et al., 2021) que concuerda con (Hodkovicova et al., 2021) ya que encontró partículas de (PE) en truchas, por otro lado (Abbasi et al., 2018) nos dice que en el estudio que realizó con el langostino tigre (*Penaeus semiculcatus*) como en peces demersales (peces que viven en el fondo del mar) y peces pelágicos (peces que viven cerca de la superficie) encontró microplásticos de (PP) y (PS) siendo así también los microplásticos usados con mayor frecuencia aparte del (PE). Por otro lado (Li et al., 2018) trabajó con el mejillón azul (*Mytilus edulis*) donde se encontró en el estómago del animal una cantidad de 7.6% de partículas de MP de Poliéster, pero (Karlsson et al., 2017) dice que aparte de los principales microplásticos (PE, PP, PS) encontró partículas de (PET) Y (PA) en el mejillón azul (*Mytilus edulis*) en el Mar Norte de Holanda.

De acuerdo con (Naji et al., 2018), trabajó con la especie (*Amiantis umbonella*) que son bivalvos (moluscos que presentan un caparazón con dos valvas laterales, por ejemplo, ostra, almeja, etc) éstas contenían concentraciones de 0.2 a 21.0 um de los tres principales microplásticos (PP, PE, PS) al igual que (Abidli et al., 2019) que trabajó con la especie (*Mitylus galloprovincialis*) más conocido como mejillón gallego que también está dentro del grupo de los moluscos bivalvos; sin embargo (Everaert., 2018) cuando analizó los bivalvos marinos encontró (PVC), (PS) y nailon con un tamaño menor de 1mm a 5 mm. Por otro lado (Welden et al., 2016) extrajo muestras del estómago de la langosta (*Nephrops norvegicus*) que contenían

el 67% de microplásticos de (PP) Y (PVC) al igual que (Bhagat et al., 2020) que utilizó muestras de un pez cebra, pero aparte de los microplásticos hallados, observó que había pequeñas partículas de (PA) como la lana. En la mayoría de los artículos el microplásticos más hallado en especies marinas será el Polietileno (PE) (Alomar et al., 2020) (Hu et al., 2021), pero también (Alomar et al., 2017) evidenció el estudio que realizó con un tiburón boca negra (*Galeus Melastomus*) por ingerir una cantidad de 16, 80% de microplásticos (PET) mayores a 5mm en España; en cambio (Hamed et al., 2021) analizó la Carpa común (*Cyprinus carpio L.*) un pez de agua dulce que contenía en el estómago macrolplásticos mayores a 5mm, microplásticos menores a 5mm y nanoplásticos menores a 100nm de (PE), mientras más grande es la partícula de MPs, mayor es el impacto que pueden generar en la especie, en el estudio de (Trotter, Wilde, Brehm et al., 2021) analizaron una pulga de agua (*Daphnia magna*) el cual contenía en su interior microplásticos de (PS) de un tamaño menor a 20um, sin embargo (Wootton et al., 2021) nos detalla lo que se encontró al extraer el estómago de peces y marisco comerciales como fibra, película, fragmento, microplásticos de (PE) y (PP); para (Roch y Brinker., 2017) al analizar peces blancos (*Coregonus lavaretus L.*) detectaron microplásticos de (PS) los cuales clasificaron por color según su tamaño, amarillo (900 - 550 μm , 10 partículas), rojo (549 - 300 μm , 10 partículas) y azul (299 - 100 μm , 20 partículas); Por otro lado también se encontraron microplásticos (PE) Y (PP) en tortugas y aves marinas (Lara et al., 2021); también microesferas de (PS) que son pequeñas esferas de plásticos también pueden encontrarse en el interior de los crustáceos con concentraciones letales del 50% (Eom et al., 2021); en los pez caballa (*Scomber japonicus*) y la lisa dorada (*Liza aurata*) se encontraron microplásticos de (PS), Poliestireno de alto impacto (HIPPS), (PP) Y (PA) con concentraciones ingeridas por pez de $656,18 \pm 803.31$, en total 35 MPs encontrados en la caballa y en la lisa fibras (70%), plástico duro (20.8%), nailon (2,7%), caucho (0,8%) y otros (5,5%) con un tamaño entre 0.1 y 2.5 mm (Güven et al., 2017); en los corales también se encontrarán microplásticos de (PE), (PP), (PS), (PET), (PVC) (Corinaldesi., 2021).

Tabla 5. Órganos de especies marinas con mayor afectación por microplásticos.

| Referencia | Especie marina | MPs encontrados en su interior | Órgano afectado |
|----------------------------|--|--|----------------------------|
| Leung y col. (2021) | Mejillón labios verdes (<i>Perna viridis</i>) | Polipropileno (56%), polietileno (25%), tereftalato de polietileno (10%), y poliestireno (9.0%). | Estómago |
| (Hodkovicova et al., 2021) | Trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) | Polietileno (PE) | Branquias, hígado y riñón. |
| (Vital et al., 2021) | Mariscos: mejillones (<i>Mytilus galloprovincialis</i>) y almejas (<i>Scrobicularia plana</i>), cangrejos (<i>Carcinus maenas</i>) así como pescado (<i>Mullus surmuletus</i>) | Polipropileno (PP) y Polietileno (PE) 86% | Branquias |

| | | | |
|-----------------------|---|----------------------------------|----------------------------|
| (Hu et al., 2021) | Crucian (<i>Carassius carassius</i>) | Polietileno (PE) | Páncreas y tejido hepático |
| (Welden et al., 2016) | Langosta (<i>Nephrops norvegicus</i>) | Polietileno (PE) | Intestino |
| (Alomar et al., 2017) | Tiburón boca negra (<i>Galeus Melastomus</i>) | Tereftalato de Polietileno (PET) | Estómago |

| | | | |
|--|---|---|-------------------------|
| (Alomar et al., 2020) | <i>Espondiliosoma cantharus, Raja clavata, serrano cabrilla, Trachinus draco, Scyliorhinus canícula</i> | Poliétileno (PE) | Estómago |
| (Trotter, MV Wilde, J. Brehm et al., 2021) | Pulga de agua (<i>Daphnia magna</i>) | Poliestireno (PS) | Estómago y ovarios. |
| (Wootton et al., 2021) | Peces y mariscos comerciales | Poliestireno (PS), (fibra, película, fragmento). Polipropileno (PP) | Tracto gastrointestinal |
| (Roch y Brinker, 2017) | Peces blancos (<i>Coregonus lavaretus L.</i>) | Poliestireno (PS) | Tracto gastrointestinal |

| | | | |
|-------------------------|---|--|-----------------------------------|
| (K. James et al., 2020) | Peces: <i>Sardinella longiceps</i> , <i>S. gibbosa</i> , <i>Stolephorus indicus</i> , <i>Rastrelliger kanagurta</i> , <i>Cyanoglossus macrostomus</i> | Polietileno (PE) y Polipropileno (PP) | Intestino (tripa) |
| (Lara et al., 2021) | Peces, tortugas, aves marinas, mamíferos marinos, | Polietileno (PE) y Polipropileno (PP) | Estómago (trastornos estomacales) |
| (Eom et al., 2021) | <i>N. awatschensis</i> ; Crustacea: <i>Mysida: Mysidae</i> | Microesferas de Poliestireno (PS) | Afecta las células y tejidos |
| (Bhagat et al., 2020) | Pez cebrá | Polipropileno (PP), Cloruro de Polivinilo (PVC), Polietileno (PE) y poliamida (PA) | Branquia e intestino |

| | | | |
|--|--|--|-------------------------|
| (Güven et al., 2017) | Pez caballa (<i>Scomber japonicus</i>) y lisa dorada (<i>Liza aurata</i>) | Poliestireno (PS), Poliestireno de alto impacto (HIPPSS), polipropileno (PP), poliamida (PA) | Estómago e intestino |
| (Andreas, T. Hadibarata, P. Sathishkumar et al., 2021) | Atún barrilete (<i>Euthynnus affinis</i>) | Éteres de difenilo polibromados (EDPB) | Tracto gastrointestinal |
| (K. Pham et al., 2020) | Peces de alto comercio: Azores (<i>blackbelly roisshe</i> , <i>F. Helicolenus dactylopterus</i> , <i>jurel azul</i> , <i>Trachurus picturatus</i> , <i>caballa S</i> , <i>peinador colia</i> , <i>besugo mancha negra</i> PAG, <i>agello bogaraveoy</i> , <i>atún listadok</i> , <i>atsuwonus pelam</i>) | Policarbonato (PC) y Teraftalato de Polietileno (PET) | Estómago |
| (De et al., 2020) | Pez Arenque <i>Opisthonema</i> | Polipropileno (PP) | Tracto gastrointestinal |
| (Walkinshaw, et al., 2020) | Peces, mariscos, crustáceos y macroalgas | Polietileno (PE) y Polipropileno (PP) | Tracto gastrointestinal |

| | | | |
|--|---|---|---|
| (Ghosh, SM Akter, RM Islam et al., 2021) | Peces marinos comerciales | Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Poliéster, Poliuretano (PU), Monómero de etileno propileno dieno y Caucho de estireno butadieno | Tracto gastrointestinal |
| (Naji et al., 2018) | Moluscos, gasterópodos y bivalvos | Polietileno (PE), Tereftalato de Polietileno (PET) y Nailon | Estómago |
| (Abbasi et al., 2018) | Peces demersales y pelágicos (<i>Platycephalus indicus</i> , <i>Tumbil Saurida</i> , <i>Sillago sihama</i> , <i>Cynoglossus abbreviatus</i>) | - | Tracto gastrointestinal-intestinos, piel, músculo, branquias e hígado |
| (Li et al., 2018) | Mejillón (<i>Mytilus edulis</i>) | Poliester | Tejido |
| (Dehaut et al., 2016) | Mariscos, mejillón, moluscos, crustáceos y peces | Polietileno (PE) y Poliestireno (PS) | Estómago y Tejido |
| (Damaris et al., 2020) | Camarones (<i>Metapenaeus dobsoniy</i>) (<i>Fenneropenaeus indicus</i>), Calamar- <i>Uroteuthis (Photololigo) duvaucelii</i> Cangrejo azul- <i>Portunus pelagicus</i> | Polipropileno (PP), Polietileno (PE), Poliestireno (PS) | Tejido |
| (Corinaldesi., 2021) | Coral (<i>Corallium rubrum</i>) | Polietileno (PE), Polipropileno (PP) y Poliestireno (PS), Teraftalato de Polietileno (PET) y Cloruro de Polivinilo (PVC) | Daño en el ADN |

| | | | |
|-------------------------|---|---|--|
| (Avio et al., 2017) | Gusanos de oreja | Cloruro de Polivinilo (PVC) | Sistema inmunológico, pérdida de la integridad del ADN |
| (Bakir., 2016) | Un pez, ivertebrado bentónico y un ave marina | Cloruro de polivinilo (PVC) y Polietileno (PE) | Aves marinas: hígado, tejido adiposo abdominal; otros: intestino |
| (Karlsson et al., 2017) | Mejillón azul (<i>Mytilus edulis</i>) | Poliestireno (PS) y Polipropileno (PP), Poliamida (PA), Poliestireno expandido (EPS), Tereftalato de Polietileno (PET) Polietileno de baja densidad (LDPE).) | Tracto gastrointestinal |

En la **tabla 5** se muestran 29 artículos de investigación referentes a los órganos de especies marinas con mayor afectación por microplásticos.

El primer órgano que resulta más afectado al ingerir microplásticos es el estómago, que se da en el mejillón labios verdes (*Perna viridis*) (Leung y col., 2021), como en el tiburón boca negra (*Galeus Melastomus*) evidenciado por (Alomar et al., 2017), que también exploró la ingestión de MPs en el estómago de la especie (*Espondilosoma cantharus*), (*Raja clavata*), (*serrano cabrilla*), (*Trachinus draco*), (*Scyliorhinus canícula*) (Alomar et al., 2020); los peces de alto comercio también resultan con el estómago lleno de MPs de diferentes tipos (K. Pham et al., 2020), así como los moluscos, gasterópodos y bivalvos (Naji et al., 2018), las tortugas, aves marinas y mamíferos marinos (Lara et al., 2021), pero (Dehaut et al., 2016) nos dice que aparte del estómago, en los mariscos, mejillones, moluscos, crustáceos y peces los Mps afectan el tejido de las especies marinas al igual que los camarones (*Metapenaeus dobsoniy*) (*Fenneropenaeus indicus*), calamar (*Uroteuthis*) (*Photololigo*) (*duvaucelii*) Cangrejo azul (*Portunus pelagicus*) (Damaris et al., 2020), en las células en algunos crustáceos (Eom et al., 2021), como también los ovarios en el caso de la pulga de agua (*Daphnia magna*) (Trotter, MV Wilde, J. Brehm et al., 2021) y el intestino como, los peces caballa (*Scomber japonicus*) y lisa (*Liza aurata*) (Güven et al., 2017), la langosta (*Nephrops norvegicus*) (Welden et al., 2016), los peces (*Sardinella longiceps*), (*S. gibbosa*), (*Stolephorus indicus*), (*Rastrelliger kanagurta*), (*Cyanoglossus macrostomus*) (K. James et al., 2020), siendo así el tracto gastrointestinal el segundo órgano afectado en los peces y mariscos comerciales (Wootton et al., 2021), peces blancos (*Coregonus lavaretus* L.) (Roch y Brinker, 2017), el pez atún barrilete (*Euthynnus affinis*) (Andreas, T. Hadibarata, P. Sathishkumar et al., 2021), el pez (*Arenque*) ((Andreas, T. Hadibarata, P. Sathishkumar et al., 2021) (Bermúdez-Guzmán, C. Alpízar- Villalobos, J. Gatgens-García et al., 2020), peces, mariscos, crustáceos (Walkinshaw, et al., 2020), peces marinos comerciales (Ghosh, SM Akter, RM Islam et al., 2021), peces dermesales y pelágicos (*Platycephalus indicus*), (*Tumbil Saurida*), (*Sillago sihama*), (*Cynoglossus abbreviatus*) (Abbasi et al., 2018), mejillón azul (*Mitylus edulis*) (Karlsson et al., 2017), pero (Corinaldesi., 2021), (Avio et al., 2017), nos dicen que la especie como el coral (*Corallium*

rubrum) y Gusanos de oreja sufren daño en el ADN y sistema inmunológico, por otro lado las aves marinas también resultan dañadas al ingerir MPs de (PVC) Y (PE) afectando así el hígado y el tejido adiposo abdominal, las páncreas también resultan afectadas en la especie Crucian (*Carassius carassius*) según (Hu et al., 2021) por ingesta de (PE). El tercer órgano afectado son las branquias que se da en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) al ingerir (PE) a su vez dañando también el hígado (Hodkovicova et al., 2021) y los mariscos, mejillones (*Mytilus galloprovincialis*) y almejas (*Scrobicularia plana*), cangrejos (*Carcinus maenas*) y el pescado (*Mullus surmuletus*) al ingerir (PP) Y (PE) AL 86% (Vital et al., 2021).

V. CONCLUSIONES

- Se concluye que, de los métodos de identificación visual de MPs por solución química, el más destacado es el método de solución de ZnCl en combinación con el instrumento MPSS, ya que tiene la mayor tasa de recuperación de partículas que varía de 96 a 100% de MPs, siendo los más identificados PP, PE, PS, PVC, PES, PET, POM, Alkyd. Por otra parte, el método de espectroscopia mas mencionado en estudios, es el método de espectroscopia de Raman, pues analiza solo partículas grandes o pequeñas, ya que es de alta resolución espacial, por lo que permite la identificación química de fibras y partículas MPs de hasta tamaños de 1 a 20 μm , sin embargo, requiere de mucho tiempo para la identificación de MPs como PP, PE, PET, PS, HDPE, LDPE, PA, PA-12, PA-6, PC.□
- Se identificó los tipos de microplásticos encontrados en especies marinas siendo el Polietileno (PE), Poliestireno (PS), Polipropileno (PP), Éteres de Difenilos Polibromados (PBDE), Cloruro de Polivinilo (PVC), Teraftalato de Polietileno (PET), Poliuretano (PU), Poliestireno de alto impacto (HIPPS), Poliamida (PA), Polietileno de baja densidad (LDPE), Poliestireno expandido (EPS), Microesfereas de Poliestireno y nailon. El Polietileno (PE) es el microplástico encontrado con mayor frecuencia en toda especie marina ya que es el polímero más utilizado en el mundo, porque resiste bajas temperaturas y es muy elástico.□
- Se identificó que los órganos de las especies marinas más afectados por microplásticos es el estómago, el tracto gastrointestinal, el intestino (la tripa), las branquias, el tejido, el hígado, los ovarios, el páncreas, también pueden dañar el ADN y por último hasta puede causar la muerte de pequeñas especies. El estómago es el órgano más afectado al momento que una especie marina ingiere microplásticos de diferente tipo, porque ahí se almacena la mayor cantidad de microplásticos, es por eso que para realizar muestras en peces comerciales u otras especies siempre extraen el estómago encontrando fibras, fragmentos o películas.□

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda en las futuras investigaciones cuantitativas adentrar en el estudio de identificación de MPs por inspección visual con método Niel Red, luz ultravioleta u otros para poder complementar esta investigación.□
- Se recomienda realizar investigaciones cuantitativas que puedan detallar el tipo de microplásticos hallados en los órganos de cada especie, ya que en la mayoría de artículos solo se menciona el término microplásticos.□
- Se recomienda realizar investigaciones sobre los órganos afectados por microplásticos en especies marinas grandes como cetáceos, ya que solo se encontró en la mayoría de artículos órganos dañados de especies pequeñas y comerciales como los peces y crustáceos.

REFERENCIAS

1. A.L, A. y NEAL, M. Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transaction of the Royal Society B: Biological Science* [en línea]. Julio del 2009, vol. 364, p. 1977-1984. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304>
ISSN: 1471-2970
2. ABBASI, S., SOLTANI, N., KESHAVARZI, B., MOORE, F., TURNER, A. y HASSANAGHAEI, M. Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa Estuary, Persian Gulf. *Chemosphere* [en línea]. Abril del 2018, vol. 205, p. 80-87. [Fecha de consulta: 17 de Noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.076>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653518307240?via%3Dihub>) ISSN: 18791298.
3. ABIDLI, S., LAHBIB, Y. y TRIGUI EL MENIF, N. Microplastics in commercial molluscs from the lagoon of Bizerte (Northern Tunisia). *Marine Pollution Bulletin* [en línea]. December 2018, vol. 142, p. 243-252. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.048> ISSN: 18793363
4. ALOMAR, C. y DEUDERO, S. Evidence of microplastic ingestion in the shark *Galeus melastomus* Rafinesque, 1810 in the continental shelf off the western Mediterranean Sea. *Environmental Pollution* [en línea]. Enero del 2017, vol. 223, p. 223-229. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.015>
ISSN: 18736424
5. ALOMAR, C., DEUDERO, S., COMPA, M. y GUIJARRO, B. Exploring the relation between plastic ingestion in species and its presence in seafloor bottoms. *Marine Pollution Bulletin* [en línea]. Setiembre del 2020, vol. 160, p. 111-641. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111641>.
ISSN: 18793363.

6. Ander-Egg, EZEQUIEL. *APRENDER A INVESTIGAR* [en línea]. Agosto del 2017. Disponible en: (<https://www.youtube.com/watch?v=fOcqyiMMnOo>)
7. AUTA, H., EMENIKE, C.. y FAUZIAH, S. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environ. Int* [en línea]. Marzo del 2017, vol. 102, p. 165- 176. [Fecha de consulta: 19 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>
8. AVIO, C.G., GORBI, S. y REGOLI, F.. Plastics and microplastics in the oceans:
From emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research* [en línea]. Mayo del 2017, vol. 128, p. 2-11. [Fecha de consulta: 26 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.05.012>
ISSN: 18790291
9. BABAYEMI O, J., INNOCENT C, N., OLADELE, O. y ROLAND, W. Ensuring sustainability in plastics use in Africa: consumption, waste generation, and projections. *Environmental Sciences Europe* [en línea] .2019, vol. 31. [Fecha de consulta: 18 de noviembre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0254-5>
10. BAKIR, A., O'CONNOR, I.A., ROWLAND, S.J., HENDRIKS, A.J. y THOMPSON, R.C. Relative importance of microplastics as a pathway for the transfer of hydrophobic organic chemicals to marine life. *Environmental Pollution* [en línea]. Setiembre 2016, vol. 219, p. 56-65. [Fecha de consulta: 26 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.046> ISSN: 18736424
11. BARRANTES ECHAVARRÍA, R. *Investigación: un camino al conocimiento Un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto* [en línea]. Ágora, 2016, p. 280. [Fecha de consulta: 18 de noviembre del 2021] ISBN: 9968-31-030-1
12. BENNY, D., ASHRAF, P.M., THOMAS, S.N. y THOMPSON, K.T. Microplastics in the edible tissues of shellfishes sold for human consumption.

Chemosphere [en línea]. Febrero del 2021, vol. 264. [Fecha de consulta: 28 de mayo del 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128554>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653520327491>
[?via%3Dihub](#)) ISSN: 005-6535

13. BHAGAT, J., ZANG, L., NISHIMURA, N. y SHIMADA, Y. Zebrafish: An emerging model to study microplastic and nanoplastic toxicity. *Science of the Total Environmen* [en línea]. Abril del 2020 , vol. 728. [Fecha de consulta: 17 de noviembre del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138707>
ISSN: 18791026
14. BROWNE, M., CHAPMAN, M., THOMPSON, R., AMARAL ZETTLER, L., JAMBECK, J. y MALLOS, N. Spatial and Temporal Patterns of Stranded Intertidal Marine Debris: Is There a Picture of Global Change? *Environ Sci Technol* [en línea]. Mayo del 2015, vol. 49, p. 7082-94. [Fecha de consulta: 01 de octubre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/es5060572>
15. CARBERY, M., O'CONNOR, W. y PALANISAMI, T. Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environment International* [en línea]. Junio del 2018, vol. 115, no. xxxx, p. 400-409. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.007>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412017322298?via%3Dihub>) ISSN: 1873-6750.
16. CASTAÑEDA, R., AVLIJAS, S., SIMARD, M. y RICCIARDI, A. Microplastic pollution in ~ St. Lawrence river sediments. *Aquat. Science* [en línea]. Noviembre del 2014, vol. 71, p. 1767-1771. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1139/cjfas-2014-0281>

17. CASTAÑETA, G., GUTIÉRREZ, A.F., NACARATTE, F. y MANZANO, C.A. Microplásticos: Un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Revista Boliviana de Química* [en línea] Agosto del 2020, vol. 37, p. 160-175. [Fecha de consulta: 21 de abril del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.3.4>
ISSN: 2078-3949
18. CHEKKALA, A., B, S.M. y C, V.K.T. Microplastics in the aquatic environment: challenges and perspectives. [en línea]. Noviembre del 2021, vol. 282. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131151>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521016234?via%3Dihub>)
19. CHOONG, W., HADIBARATA, T. y TANG, D. Abundance and distribution of microplastics in river bank water and sediments in Malaysia. *Biointerface Res. Apl. Chem* [en línea]. Diciembre del 2021, vol. 11, p. 11700-11712. [Fecha de consulta: 01 de octubre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.33263/BRIAC114.1170011712>
ISBN:2069-5837
20. CHOY, C., ROBISON, B., GAGNE, T., ERWIN, B., FURL, E., R.U, H., J.A, H., KATIJA, K., LISIN, S., ROLSKY, C. y VAN HOUTAN, K. The vertical distribution and biological transport of marine microplastic across the epipelagic and mesopelagic water column. *Scientific Reports* [en línea]. Setiembre del 2019, vol. 98. [Fecha de consulta: 01 de octubre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.071>
ISBN: 0048-9667
21. CORINALDESI, C., CANENSI, S., DELL'ANNO, A., TANGHERLINI, M., DI CAPUA, I., VARRELLA, S., WILLIS, T.J., CERRANO, C. y DANOVARO, R. Multiple impacts of microplastics can threaten marine habitat-forming species. *Communications Biology* [en línea]. 2021 , vol. 4, no. 1, p. 1-13. [Fecha de

consulta: 28 de mayo del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1038/s42003-021-01961-1>

ISSN 23993642

22. CORRADINI, F., MEZA, P., EGUILUZ, R., CASADO, F., HUERTA-LWANGA, E. y GEISSEN, V. Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal. *Science of The Total Environment* [en línea]. Junio del 2019, vol. 671, p. 411–420. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.368>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971931366X?via%3Dihub>) ISBN:0048-9697
23. DE, I., RICA, C., BERMÚDEZ, L., ALPÍZAR-VILLALOBOS, C., GATGENS-GARCÍA, J., RODRÍGUEZ, M., MOLINA, E., C, J.V., SERGIO, A., PANIAGUA, C., C, J.R.V., ROJAS-JIMÉNEZ, K., BIOLOGÍA, D., RICA, U.D.C., PEDRO, S., JOSÉ, S. y RICA, C. Estudios Regionales en Ciencias Marinas. *Marine Science* [en línea]. Julio del 2020 , vol. 38. [Fecha de consulta:28 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101367>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352485520304953?via%3Dihub>) ISSN: 2352-4855
24. DEHAUT, A., CASSONE, A.L., FRÈRE, L., HERMABESSIERE, L., HIMBER, C., RINNERT, E., RIVIÈRE, G., LAMBERT, C., SOUDANT, P., HUVET, A., DUFLOS, G. y PAUL-PONT, I. Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environmental Pollution* [en línea]. Agosto del 2016, vol. 215, pp. 223-233. [Fecha de consulta:30 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.018>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749116303979?via%3Dihub>) ISSN: 1873-6424
25. DIAZ BAZO, C. Las estrategias para asegurar la calidad de la investigación cualitativa. *Lusófona de Educação* [en línea] Agosto del 2019, vol 44, p. 29-45. [Fecha de consulta: 03 de diciembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.24140/issn.1645-7250.rle44.02>

26. DÍAZ DÁVILA, G., 2018. Evaluación del material particulado micro-plásticos y su relación con la calidad del aire en el interior de los hogares, Comas. *Repositorio Universidad César Vallejo* [en línea] .2018. [Fecha de consulta:]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/32304>
27. DU, H y WANG, J. Characterization and environmental impacts of microplastics. *Gondwana Research* [en línea]. Octubre del 2021 , vol. 98, p. 63-75. [Fecha de consulta: 01 de octubre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.05.023> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1342937X2100174X?via%3Dihub>) ISBN:1751-7311
28. EOM, H.J., HAQUE, M.N., LEE, S. y RHEE, J.S. Exposure to metals premixed with microplastics increases toxicity through bioconcentration and impairs antioxidant defense and cholinergic response in a marine mysid. *Comparative Biochemistry and Physiology Part - C: Toxicology and Pharmacology* [en línea]. Noviembre del 2021, vol. 249, p. 1-8. [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2021.109142> ISSN: 18781659
29. ESPINOZA, Eudaldo. La investigación cualitativa, una herramienta ética en el ámbito pedagógico. *Conrado* [en línea]. Agosto del 2020, vol. 16, n° 75, p. 103-110. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2022]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442020000400103&lang=es#B11) ISSN: 2519-7320
30. EVERAERT, G., VAN CAUWENBERGHE, L., DE RIJCKE, M., KOELMANS, A.A., MEES, J., VANDEGEHUCHTE, M. y JANSSEN, C.R. Risk assessment of microplastics in the ocean: Modelling approach and first conclusions. *Environmental Pollution* [en línea]. Julio del 2018, vol. 242, p. 1930-1938. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.069>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749118314945?via%3Dihub> ISSN 18736424

31. EVERAERT, G., DE RIJCKE, M., LONNEVILLE, B., JANSSEN, C.R., BACKHAUS, T., MEES, J., VAN SEBILLE, E., KOELMANS, A.A., CATARINO, A.I. y VANDEGEHUCHTE, M.B. Risks of floating microplastic in the global ocean. *Environmental Pollution* [en línea], Diciembre del 2020, vol. 267. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2022]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115499>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026974912036187X?via%3Dihub> ISSN: 1873-6424
32. FAHRENFELD, N. y PARRISH, K. Microplastic biofilm in fresh - and wastewater as a function of microparticle type and size class. *Environmental science & technology* [en línea]. Enero del 2019, p. 3-24. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/C8EW00712H>
33. FERNÁNDEZ REINA, MARIANA LEÓN PIRELA, A. y FERRER PLANCHART, S. Aspectos medulares de la investigación acción como método. *Consensus* [en línea]. Mayo del 2021 vol. 5, p. 40. [Fecha de consulta: 03 de diciembre del 2021]. Disponible en: <http://www.pragmatika.cl/review/index.php/consensus/article/view/87>
34. FU, Z. y WANG, J. Current practices and future prospects for microplastics pollution in freshwater ecosystems in China. *Sci. Total environment* [en línea]. Noviembre del 2019, vol. 691, p. 697–712. [Fecha de consulta: 01 de octubre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.167>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719332814?via%3Dihub> ISSN: 0048-9697

35. GERARDO, ARIAS ODÓN FIDIA. Efectividad y eficiencia de la investigación tecnológica. *Recitiutm* [en línea]. 2017, vol 3, No. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2022]. Disponible en:
<http://201.249.78.46/index.php/recitiutm/article/view/92>
ISSN: 2443-4426
36. GESAMP, 2016. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment. *Rep. Stud* [en línea] Abril del 2016, vol. 93, p. 220. [Fecha de consulta: 19 de noviembre del 2021]. Disponible en: <http://www.gesamp.org/publications/microplastics-in-the-marine-environment-part-2>) ISSN: 1020–4873
37. GHOSH, G.C., AKTER, S.M., ISLAM, R.M., HABIB, A., CHAKRABORTY, T.K., ZAMÁN, S., ESMALTE, A.H.M., SHIPIN, O. V y MARFIAH, A. Estudios Regionales en Ciencias Marinas Contaminación por microplásticos en peces marinos comerciales de la Bahía de Bengala. *Marine Science* [en línea] Mayo del 2021, vol. 44. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101728>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352485521001201?via%3Dihub>)
38. GONZÁLEZ ACEDO, A., GARCÍA RECIO, E., ILLESCAS MONTES, R., RAMOS TORRECILLAS, J., MELGUIZO RODRÍGUEZ, L. y COSTELA RUIZ, V. Evidence from in vitro and in vivo studies on potential impacts in the health of micro and nanoplastics. *Chemosphere* [en línea]. Mayo del 2021, vol. 280. [Fecha de consulta: 01 de octubre del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130826>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521012972?via%3Dihub>) ISSN: 0045-6535
39. GÜVEN, O., GÖKDAĞ, K., JOVANOVIĆ, B. y KIDEYŞ, A.E. Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution* [en

línea]. Abril del 2017, vol. 223, p. 286-294. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.025> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749116323910?via%3Dihub>) ISSN: 18736424

40. HADIBARATA, T., C, P.S., PRASETIA, H., PUSFITASARI, D., NUR, A., MUZDALIFAH, D., WALUYO, J., RANDY, A., PUTRI, D., ZUAS, O. y ARUM, A., 2021. Contaminación por microplásticos en el atún listado (*Euthynnus affinis*) recolectado de la costa sur de Java , Indonesia. *Chemosphere* [en línea]. Agosto del 2021, vol. 276, p. 286-294. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130185> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521006548?via%3Dihub>) ISSN: 0045-6535
41. HAMED, M., MONTEIRO, C.E. y SAYED, A.E.D.H. Investigation of the impact caused by different sizes of polyethylene plastics (nano, micro, and macro) in common carp juveniles, *Cyprinus carpio* L., using multi-biomarkers. *Science of the Total Environment* [en línea]. Agosto 2021, vol. 803. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2022]. Disponile en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149921> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721049962?via%3Dihub>) ISSN: 18791026.
42. HODKOVICOVA, N., HOLLEROVA, A., CALOUDOVA, H., BLAHOVA, J., FRANC, A., GARAJOVA, M., LENZ, J., TICHY, F., FALDYNA, M., KULICH, P., MARES, J., MACHAT, R., ENEVOVA, V. y SVOBODOVA, Z. Do foodborne polyethylene microparticles affect the health of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)? *Science of the Total Environment* [en línea], Junio del 2021, vol. 793, p. 148490. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148490> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721035622?via%3Dihub>) ISSN: 1879-1026

43. HORTON, A., WALTON, A., SPURGEON, D., LAHIVE, E. y SVENDSEN, C. Microplastics in terrestrial and freshwater environments: Assessment of current understanding for identify knowledge gaps and future research priorities. *Sci. Total Environ* [en línea]. Mayo del 2017, vol. 586, p. 127–141. [Fecha de consulta: 11 de octubre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717302073?via%3Dihub>)
44. HU, J., ZUO, J., LI, J., ZHANG, Y., AI, X., ZHANG, J., GONG, D. y SUN, D. Effects of secondary polyethylene microplastic exposure on crucian (*Carassius carassius*) growth, liver damage, and gut microbiome composition. *Science of the Total Environment* [en línea]. Agosto del 2021, vol. 802. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149736> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721048117?via%3Dihub>) ISSN: 1879-1026
45. IVLEVA, N., WIESHEU, A. y NIESSNER, R. Microplastics in aquatic ecosystems. *Angewandte Chemie International Edition* [en línea]. Setiembre del 2016, vol. 56, p. 1720–1739. [Fecha de consulta: 18 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/anie.201606957>
46. JABEEN, K., LI, B., CHEN, Q., SU, L., WU, C., HOLLERT, H. y SHI, H. Effects of virgin microplastics on goldfish (*Carassius auratus*). *Chemosphere* [en línea]. Setiembre del 2018, vol. 213, p. 323-332. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.031> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653518316849?via%3Dihub>) ISSN: 18791298.

47. JACOB, H., BESSON, M., SWARZENSKI, P.W., LECCHINI, D. y METIAN, M. Effects of Virgin Micro- and Nanoplastics on Fish: Trends, Meta-Analysis, and Perspectives. *Environmental science & technology* [en línea]. Marzo del 2020, vol. 54, no. 8, p. 4733-4745. [Fecha de consulta: 17 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b05995> ISSN 15205851
48. JAMES, K., VASANT, K., PADUA, S., GOPINATH, V., ABILASH, K., JEYABASKA RAN, R., BABUA, A. y JOHN, S., 2020. An assessment of microplastics in the ecosystem and selected commercially important fishes off Kochi, south eastern Arabian Sea, India. *Marine Pollution Bulletin*, [en línea]. Febrero del 2020, vol. 154. [Fecha de consulta: 17 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111027> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X20301454?via%3Dihub>)
49. PHAM, C.K., PEREIRA, J.M., RODRÍGUEZ, Y., BLASCO-MONLEON, S., PORTER, A. y LEWIS, C. Microplastic in the stomachs of deep-sea and open-ocean fish in the Atlantic northeast. *Environmental Pollution* [en línea]. Junio del 2020, vol. 265. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115060> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749120305297?via%3Dihub>)
50. KARLSSON, T.M., VETHAAK, A.D., ALMROTH, B.C., ARIESE, F., VAN VELZEN, M., HASSELLÖV, M. y LESLIE, H.A. Screening for microplastics in sediment, water, marine invertebrates and fish: Method development and microplastic accumulation. *Marine Pollution Bulletin* [en línea]. Junio del 2017, vol. 122, no. 1-2, p. 403-408. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X17305799?via%3Dihub> ISSN: 1879-3363.

51. KIRKBRIDE, K.P., LETERME, S.C. y HAYES, A. Variation in polymer types and abundance of microplastics from two rivers and beaches in Adelaide, South Australia. *Marine Pollution Bulletin* [en línea]. Agosto del 2021, vol. 172. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112842> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X21008766?via%3Dihub>)
52. LEUNG, M.M., HO, Y., ACEBU, E., LEE, C., WANG, C., C, M.H., D, S.C. y FANG, J.K. Determination of microplastics in the edible green-lipped mussel *Perna viridis* using an automated mapping technique of Raman microspectroscopy. *Journal of Hazardous Materials* [en línea]. Junio del 2021, vol. 420. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126541> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389421015065?via%3Dihub>)
53. LI, J., GREEN, C., REYNOLDS, A., SHI, H. y ROTCHELL, J.M. Microplastics in mussels sampled from coastal waters and supermarkets in the United Kingdom. *Environmental Pollution* [en línea]. Mayo del 2018, vol. 241, pp. 35-44. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.038> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749118302197?via%3Dihub>) ISSN: 18736424.
54. LUSHER, A. Microplastics in the Marine Environment: Distribution, Interactions and Effects. *Springer International Publishing* [en línea]. Junio del 2015, p. 245–307. [Fecha de consulta: 19 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3> 10 ISBN:978-3-319-16510-3

55. LUSHER, A., WELDEN, N., SOBRAL, P. y COLE, M. Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Anal. Methods* [en línea]. Octubre del 2017, vol. 9, p. 1346-1360. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/c6ay02415g>
(<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/AY/C6AY02415G>)
56. MAJEWSKY, M., BITTER, H., EICHE, E. y HORN, H. Determination of microplastic polyethylene (PE) and polypropylene (PP) in environmental samples using thermal analysis (TGA-DSC). *Science of The Total Environment* [en línea]. Octubre del 2016, no. 568, p. 507–511. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.017>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969716311883?via%3Dihub>)
57. MARTÍN-LARA, M.A., GODOY, V., QUESADA, L., LOZANO, E.J. y CALERO, M. Environmental status of marine plastic pollution in Spain. *Marine Pollution Bulletin* [en línea]. Junio del 2021, vol. 170. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112677>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X21007116?via%3Dihub>) ISSN: 18793363.
58. MARINA, B.D.C., VITAL, S.A., CARDOSO, C., AVIO, C., PITTURA, L., REGOLI, F. y BEBIANNO, M.J. Do microplastic contaminated seafood consumption pose a potential risk to. *Marine Pollution Bulletin* [en línea]. Agosto de 2021, vol. 171. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112769>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X21008031?via%3Dihub>)
59. MIRI, S., SAINI, R., SEYYED MOHAMMADREZA DAVOODI, PULICHARLA, R., SATINDER KAUR BRAR y MAGDOULI, S. Biodegradation of microplastics: better late than never. *Chemosphere* [en línea]. Julio del 2021,

vol. 286. [Fecha de consulta: 01 de octubre del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131670>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521021421>

60. MUNARI, C., SFRISO, A.A., TOMIO, Y., ROSSO, B., GAMBARO, A., SFRISO, A. y CORAMI, F. Microplastic accumulation in benthic invertebrates in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Environment International* [en línea]. Abril del 2020, vol. 137, p. 105587. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105587>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019335949?via%3Dihub>
61. NAJI, A., NURI, M. y VETHAAK, A.D. Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. *Environmental Pollution* [en línea]. Abril del 2018, vol. 235, pp. 113-120. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.046>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117328439?via%3Dihub> ISSN: 1873-6424
62. NELMS, S., DUNCAN, E., BRODERICK, A.C., GALLOWAY, T.S., GODFREY, M.H., HAMANN, M., LINDEQUE, P.K. y GODLEY, B.J. Plastic and marine turtles: a review and call for research. *ICES Journal of Marine Science* [en línea]. Enero del 2016, vol. 73, p. 165–181. [Fecha de consulta: 30 de noviembre del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv165>
<https://academic.oup.com/icesjms/article/73/2/165/2614204>
63. NEVES, D., SOBRAL, P., FERREIRA, J.L. y PEREIRA, T., 2015. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin* [en línea]. Diciembre del 2015, vol. 101, no. 1, p. 119-126. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.008Get>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X15301582?via%3Dihub>) ISSN: 1879-3363.

64. NOAA, N.O. and A.A., LEBOEUF, N. y SCHOLZ, P. "What is a gyre?" Historical Maps and Charts audio podcast [en línea]. Julio del 2017. [Fecha de consulta: 19 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://oceanservice.noaa.gov/podcast/july17/nop08-historical-maps-charts.html>
65. OSTLE, C., THOMPSON, R., BROUGHTON, D., GREGORY, L., WOOTTON, M. y JOHNS, D. The increase in ocean plastics is evidenced in a 60-year time series. *Nat. Comun* [en línea]. Abril del 2019, vol. 10, p. 1-6. [Fecha de consulta: 01 de octubre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09506-1>
66. RENNER, G., SCHMIDT, T. y SCHRAM, J. Characterization and Quantification of Microplastics by Infrared Spectroscopy. *Comprehensive Analytical Chemistry* [en línea]. 2017, vol. 75, p. 67–118. [fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/bs.coac.2016.10.006>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166526X16301556?via%3Dihub>)
67. ROCH, S. y BRINKER, A. A rapid and effective method for the detecting microplastics in the gastrointestinal tract of fish [en línea]. Marzo del 2017, vol. 8, p. 4522-4530. [Fecha de consulta: 20 de junio del 2022]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b00364>
(<https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00364>)

68. ROCHMAN, C.M., PARNIS, J.M., BROWNE, M.A., SERRATO, S., REINER, E.J., ROBSON, M., YOUNG, T., DIAMOND, M.L. y TEH, S.J. Direct and indirect effects of different types of microplastics on freshwater prey (*Corbicula fluminea*) and their predator (*Acipenser transmontanus*). *PLoS ONE* [en línea]. Noviembre del 2017, vol. 12, no. 11. [Fecha de consulta: 01 de octubre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187664>
(<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0187664>)
ISSN: 19326203.
69. ROJO NIETO, E. y MONTOTO, T. Basuras marinas , plásticos y microplásticos [en línea]. Enero del 2017, p.4-54. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2022]. Disponible en:
(<https://www.mapama.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/basuras-marinas-plasticos-microplasticos.aspx>) ISBN: 9788494615191.
70. SALGADO, A. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. *Liberabit* [en línea]. Setiembre del 2007, vol. 13, p. 71-78. [Fecha de consulta: 19 de noviembre del 2021]. Disponible en:
(http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-48272007000100009)
71. SCHEURER, M. y BIGALKE, M. Microplastics in Swiss floodplain soils. *Environ Sci Technol* [en línea]. Febrero del 2018, vol. 52, p. 3591–3598. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021]. Disponible en:
(<https://doi.org/10.1021/acs.est.7b06003>)
(<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b06003>)
72. SHARMA, S. y CHATTERJEE, S. Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health. *Environmental Science and Pollution* [en línea]. Agosto del 2017, vol. 24, p. 21530-21547. [Fecha de consulta: 11 de octubre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9910-8>
(<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-9910-8#citeas>)

73. TENG, J., WANG, Q., RAN, W., WU, D., LIU, Y., SUN, S., LIU, H., CAO, R. y ZHAO, J. Microplastic in oysters farmed from different coastal areas of China. *Sci. Total Environmental* [en línea]. Febrero del 2019, vol. 653, p. 1282–1292. [Fecha de consulta: 18 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.057> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718344048?via%3Dihub>)
74. TREHARNE, G.J. y RIGGS, D.W. Ensuring Quality in Qualitative Research. *In Qualitative Research in Clinical and Health Psychology* [en línea]. 2015, p.58. [Fecha de consulta: 03 de octubre del 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-137-29105-9_5
75. TROTTER, B., WILDE, M. V., BREHM, J., DAFNI, E., ALIU, A., ARNOLD, G.J., FRÖHLICH, T. y LAFORSCH, C. Long-term exposure of *Daphnia magna* to polystyrene microplastic (PS-MP) leads to alterations of the proteome, morphology and life-history. *Science of the Total Environment* [en línea]. Noviembre del 2021, vol. 795, p. 1-12. [Fecha de consulta: 12 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148822> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721038948?via%3Dihub>) ISSN: 1879-1026
76. WALKINSHAW, C., LINDEQUE, P.K., THOMPSON, R., TOLHURST, T. y COLE, M. Microplastics and seafood: lower trophic organisms at highest risk of contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea]. Febrero del 2020, vol. 190. [Fecha de consulta: 12 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110066> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651319313971?via%3Dihub>) ISSN: 1090-2414.

77. WANG, W., GE, J., YU, X. y LI, H. Environmental fate and impacts of microplastics in soil ecosystems: progress and prospects. *Sci. Total Environmental* [en línea]. Marzo del 2020, vol. 708, p. 134841. [Fecha de consulta: 11 de octubre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134841> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719348338?via%3Dihub>)
78. WEITHMANN, N., MÖLLER, J., LÖDER, M.G., PIEHL, S. y LAFORSCH, C. Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. *Sci. Adv* [en línea]. Abril del 2018, vol. 4. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aap8060> (<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aap8060>)
79. WELDEN, N.A.C. y COWIE, P.R., 2016. Environment and gut morphology influence microplastic retention in langoustine, *Nephrops norvegicus*. *Environmental Pollution* [en línea]. Julio del 2016, vol. 214, p. 859-865. [Fecha de consulta: 12 de junio]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.03.067> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749116302494?via%3Dihub>) ISSN: 1873-6424
80. WILLIS, K., ERIKSEN, R., WILCOX, C. y HARDESTY, B. Microplastic distribution at different sediment depths in an urban estuary. *Front. Mar. Science* [en línea]. Diciembre del 2017, vol. 4, p. 419. [Fecha de consulta: 11 de octubre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00419> (<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2017.00419/full>)
81. WOOTTON, N., REIS-SANTOS, P., DOWSET, N., TURNBULL, A. y GILLANDERS, B.M. Low abundance of microplastics in commercially caught fish in South Australia. [en línea]. Agosto del 2021, vol. 290. [Fecha de consulta: 12 de junio del 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118030>
([https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749121016122?
via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749121016122?via%3Dihub))

82. ZHANG, S., WANG, J., YAN, P., HAO, X., XU, B., WANG, W. y AURANGZEIB, M. Non-biodegradable microplastics in soils: A brief review and challenge. *Journal of Hazardous Materials* [en línea]. Mayo del 2021, vol. 409. [Fecha de consulta: 01 de octubre del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124525>
([https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389420325152?
via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389420325152?via%3Dihub)) ISSN: 1873-3336

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de recolección de datos

| | | | |
|--|--|-------------------|---------------|
|  | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | RTP-02 -2021 |
| | | | Página 1 de 1 |
| | | | Hoja 1 de 1 |
| Número de Ficha: | 01 | Fecha: 18-06-2022 | |
| DATOS GENERALES DEL INVESTIGADOR | | | |
| Apellidos y nombres: | Carbajal Carmen Shirley Paola y Cahuana Aguilar Jazmin Denisse | | |
| Cargo: | Estudiantes | | |
| DATOS GENERALES DE LA FUENTE BIBLIOGRÁFICA | | | |
| Nombre del artículo: | Screening for microplastics in sediment, water, marine invertebrates and fish | | |
| Participante: | Science Direct | | |
| Autor(es): | (Karlsson et al.,) | | |
| Año: | 2017 | | |
| Palabras claves: | Método, órgano, daño, microplástico | | |
| Especie Marina: | Mejillón azul (<i>Mytilus edulis</i>) | | |
| Método utilizado para identificar los MPs: | - Método de cloruro de sodio por inspección visual: Para separar por densidad los MPs y extraer sedimentos por flotación. -Método espectroscopía de Raman: Para verificar si había signos de degradación o aumento de la fluorescencia. | | |
| Tipo de MPs encontrado: | Poliestireno (PS) y Polipropileno (PP), Poliamida (PA), Poliestireno expandido (EPS), Tereftalato de Polietileno (PET) Polietileno de baja densidad (LDPE). | | |
| Órgano afectado por MPs: | Tracto gastrointestinal. | | |
| Conclusiones: | | | |
| Se encontró, microplásticos como: Poliestireno (PS) y Polipropileno (PP), Poliamida (PA), Poliestireno expandido (EPS), Tereftalato de Polietileno (PET), Polietileno de baja densidad (LDPE) en el tracto gastrointestinal del mejillón azul (<i>Mytilus edulis</i>) utilizando dos métodos de identificación: el método de cloruro de sodio por inspección visual y el método espectroscopía de Raman: Para verificar si había signos de degradación o aumento de fluorescencia. | | | |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Microplásticos en Especies Marinas: Una Revisión Sistemática", cuyos autores son CARBAJAL CARMEN SHIRLEY PAOLA, CAHUANA AGUILAR JAZMIN DENISSE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 12 de Julio del 2022

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|--|
| SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO DNI: 07268863 ORCID: 0000-0003-1485-5854 | Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 14- 07-2022 00:34:26 |

Código documento Trilce: TRI - 0339853