



Universidad **César Vallejo**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Microplásticos y sus Efectos en Organismo Marinos. Revisión  
Sistemática 2022.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Carrizales Poma, Greisy Ingrid (ORCID: 0000-0002-9757-6115)

Ccora Calderon, Miriam Katherine (ORCID: 0000-0003-0425-9485)

**ASESOR:**

Mg. Honores Balcazar, Cesar Francisco (ORCID: 0000-0003-3202-1327)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de Los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi madre ZENAIDA POMA HUAMAN por haberme dado su apoyo incondicional durante estos años y por ser el más aliciente por el cumplimiento de cada uno de mis objetivos, a mi hija AYLEN BERENIZE POMA eres y serás mi principal motivación para poder forjarme como profesional y también a mi pareja ORLANDO por la ayuda que me brindó ha sido sumamente importante estuviste a mi lado me decías que lo lograría y me ayudaste hasta donde era posible.

## **CARRIZALES POMA GREISY INGRID.**

Dedico esta tesis primero a Dios quien me ha guiado y me ha dado fortaleza para seguir adelante. A mi padre TEOFILO CCORA CLEMENTE que desde el cielo me ilumina y me ayuda a no rendirme en los obstáculos que me da la vida, a mi querida madre DELIA CALDERÓN CASQUI por formarme con buenos valores y además brindarme su apoyo incondicional. A mi hijo MILÁN que ha sido mi mayor motivación para seguir adelante y nunca rendirme.

## **CCORA CALDERON MIRIAM KATHERINE.**

## **AGRADECIMIENTO**

Principalmente a Dios quien nos ha guiado y nos ha dado la fortaleza para seguir adelante, a nuestra familia por su comprensión y apoyo constante, y a todas las personas que de una u otra manera apoyaron en la realización de este trabajo.

A la Universidad César Vallejo por permitirme avanzar un paso más en esta carrera profesional.

A nuestro asesor Mg. Honores Balcázar, Cesar Francisco, por brindarnos sus conocimientos y sobre todo por creer en nosotras.

**Las autoras.**

## Índice de contenido

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	25
3.1. Tipo y diseño de investigación	25
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de Operacionalización	25
3.3. Escenario de estudio	28
3.4. Participantes	28
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	28
3.6. Procedimiento	28
3.7. Rigor científico	29
3.8. Métodos de análisis de la información	29
3.9. Aspectos éticos	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
VI. CONCLUSIONES	46
VII. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	52
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1	Principales plásticos presentes en el medio marino y micro plásticos	8
Tabla 2	Matriz de categorización	13
Tabla 3.	Criterios usados en la investigación	16
Tabla 4.	Tipos de plásticos en forma de MP que contaminan el medio marino	23
Tabla 5.	Organismo marinos de la cadena trófica y efectos de los MP	31
Tabla 6.	Rotíferos marinos y los efectos de MP	35
Tabla 7.	MP en equinodermos y sus efectos	37
Tabla 8.	Crustáceos contaminados con MP	40
Tabla 9.	Moluscos, estado en el medio marino y efectos de MP	43
Tabla 10.	Peces y su estado en el medio marino y efectos	45

## Índice de figuras

Figura 1	Microplásticos en el medio marino, distribución en la columna de agua y fondo. Fuente: Coyle, Hardiman, & Driscoll (2020).	5
Figura 2	Flujo grama de la cadena de ingestión y de transferencia de los micro plásticos presentes en los gránulos fecales de zooplancton. Fuente: Coyle et al. (2020).	9
Figura 3	Procedimiento aplicado en la investigación	17

## Resumen

Se ha investigados los efectos que experimentan los organismos marinos algas, rotíferos, moluscos, peces que ingieren los MP. El objetivo de la investigación fue Micro plástico y sus Efectos en Organismo Marinos. Revisión Sistemática 2022. Para tal fin, la metodología comprendió la investigación de tipo cualitativo, aplicativo, de narración de tópicos y revisión sistemática, se ha seleccionado dos categorías principales como son el tipo de plásticos y los efectos en los organismos de interés que forman parte de la cadena trófica. Se usaron artículos pertenecientes a revistas indexadas con un total de 66 artículos sobre el tipo de micro plásticos y los efectos en los organismos marinos. Los resultados indicaron diversos efectos, entre los que destacan que las sustancias poliméricas extracelulares (EPS) de las algas favorecen la formación de biomoléculas elevando la disponibilidad de los contaminantes, asimos estos MP se encuentran asociados a contaminante orgánicos persistentes lo que eleva el riesgo de acumulación y biomagnificación de los mismos en la cadena trófica, que incluyen los moluscos filtradores y acumuladores de movilidad limitada, los rotíferos, y peces sin diferencia entre pelágicos o demersales.

**Palabras clave:** microplásticos, efectos, organismos marinos

## **Abstract**

The effects experienced by marine organisms algae, rotifers, molluscs, fish that ingest PM have been investigated. The objective of the research was Microplastics and their Effects on Marine Organisms. Systematic Review 2022. For this purpose, the methodology included qualitative, applicative research, narration of topics and systematic review, two main categories have been selected, such as the type of plastics and the effects on the organisms of interest that are part of the food chain. Articles belonging to indexed journals with a total of 66 articles on the type of microplastics and the effects on marine organisms were used. The results indicated various effects, among which the extracellular polymeric substances (EPS) of the algae favor the formation of biofilms, increasing the availability of pollutants, as well as these PMs are associated with persistent organic pollutants. Which increases the risk of accumulation and biomagnification of the same in the food chain, which include filtering and accumulating molluscs with limited mobility, rotifers, and fish with no difference between pelagic or demersal.

**Keywords:** microplastics, effects, marine organisms

# I. INTRODUCCIÓN

Se estima que una cantidad asombrosa de plástico, a saber, de 4.8 a 12.7 millones de toneladas métricas de plástico, ingresa al medio marino cada año por tierra o mar y se ha calculado que más del 65% de los polímeros producidos, incluidos el polipropileno (PP) y el polietileno (PE) en sus diversas formas, tienen densidad inferior a la del agua de mar. Estimaciones de poco más de 250.000 toneladas de plásticos flotando en el océano, prueban que no es así, ya que falta una gran cantidad de plásticos (Karkanorachaki, Syranidou, & Kalogerakis, 2021).

Los microplásticos pueden perder flotabilidad y ocurrir en aguas más profundas y finalmente hundirse en el sedimento y esto puede amenazar al plancton que habita en varias capas de agua y organismos benthicos, las formas de microplásticos son diversas y los tamaños cambian a medida que se avanza en aguas profundas, hay estudios que demuestran que la proporción de la fracción de tamaño  $< 300 \mu\text{m}$  aumenta con la profundidad, por una rápida bioincrustación debido a su mayor área de superficie específica (Dai et al. 2018).

Se ha encontrado MP en sedimentos marinos y en playas arenosas, fibras como el poliéster dominan los sedimentos del fondo marino y de la columna de agua, asimismo lo hacen los fragmentos de polietileno y polipropileno, los cuales están presentes además en las playas y suelen ser abundantes y enmascaran la cantidad real de fibras en cada embalse. Esto indica la entrada de numerosas fuentes terrestres, descargas de efluentes y emisarios como los más importantes (Expósito et al. 2021).

Los plásticos se biodegradan, por diferentes procesos y se fragmentan en microplásticos (MP) y nanoplásticos (NP) reportados contaminantes ubicuos en el medio marino (Chibuisi et al. 2019). Sin embargo se infiere que su bioacumulación y biomagnificación ocurre con la inclusión de aditivos químicos asociados a nivel de las redes alimentarias marinas (Miller et al. 2020); esto se debe a la capacidad de los MP de absorber contaminantes orgánicos, también metales y microorganismos patógenos en su trayectoria, así, la ingestión de estos contaminantes genera el

bloqueo de los intestinos, lo que suele provocar lesiones en el revestimiento intestinal, morbilidad y mortalidad; los pequeños tamaños de MP se translocan mediante las membranas gastrointestinales mediante una endocitosis o mecanismos parecidos para distribuirse en tejidos y órganos (Chibuisi et al. 2019). Los MP podrían influir en los procesos ecológicos, en la actualidad se han reconocido como contaminantes emergentes y representan un gran riesgo para la biodiversidad marina (Guzzetti et al. 2018).

El conocimiento de los efectos de las MP sobre la biota marina especialmente desde los organismos marinos algas, rotíferos, crustáceos, moluscos y peces aún escaso (Guzzetti et al. 2018), así como el tipo de plásticos que lo generan. El fin de la investigación es mostrar los resultados de una revisión sistemática de la información sobre la toxicidad y características de los MP sobre organismos básicos que conforman la red trófica comprendida entre algas y peces publicados en los recientes 5 años.

La justificación ambiental, comprende, la necesidad de conservar el ambiente marino debido a la importancia ecológica de la biodiversidad marina que al final de cuentas abastece de alimentos y recursos al ser humano. Además económicamente, es importante considerar que parte de los organismos marinos mencionados forman parte de actividades económicas como la pesca industrial y artesanal y parte de los residuos provienen de estas actividades que a su vez, podrían generar una caída de la dinámica económica debido a que el consumo excesivo de especies marinas contaminadas, podrían mermar su comercio afectando a las principales actividades económicas involucradas ya que estos residuos podrían alcanzar un impacto masivo, finalmente la justificación social relaciona la necesidad de establecer una reingeniería colectiva para evaluar cómo el ser humano produce y consume el plástico hasta llegar a los recurso marinos los que rebotan luego a la mesa del hogar y biomagnifican los contaminantes asociados a los MP en la salud humana.

Ante esta situación se ha planteado el siguiente problema

**PG:** ¿Cómo afectan los MP en los organismos marinos? Y los siguientes problemas específicos.

**PE1:** ¿Qué tipo de plásticos se degradan a MP en el mar?

**PE2:** ¿Qué tipo de organismos marinos son afectados por los MP?

Asimismo, se han planteado los siguientes objetivos:

**OG:** ¿Evaluar el efecto de los MP en los organismos marinos? Y los siguientes problemas específicos.

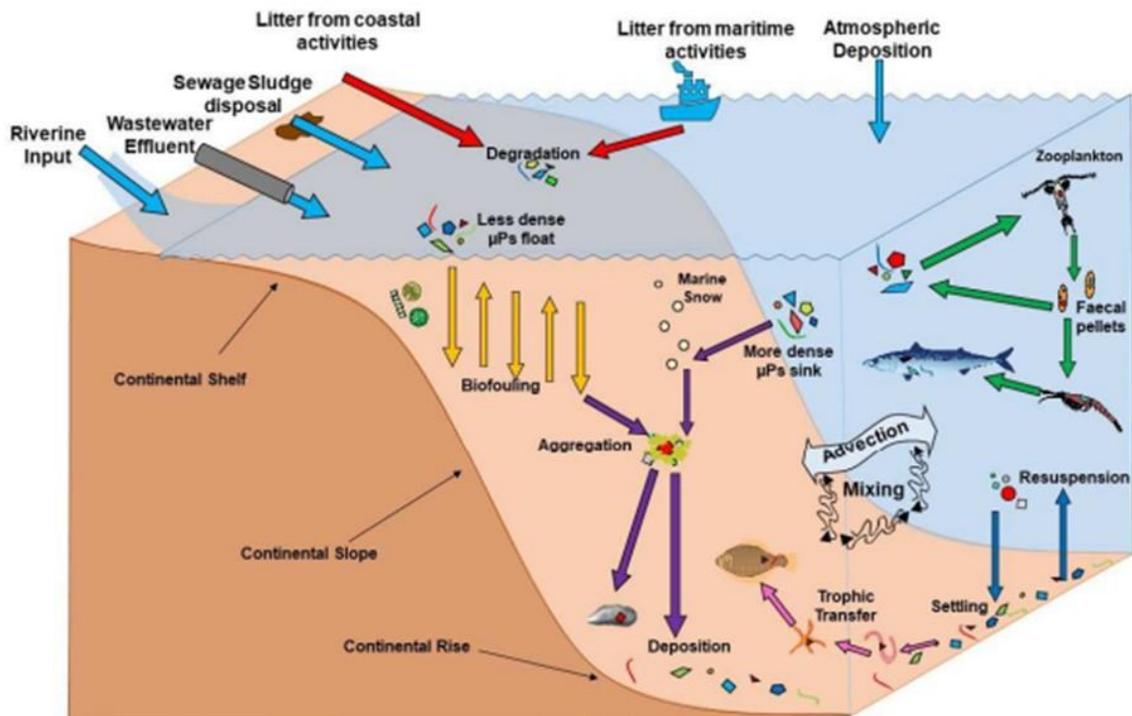
**OE1:** Analizar el tipo de plásticos se degradan a MP en el mar

**OE2:** Analizar el tipo de organismos marinos son afectados por los MP

## II. MARCO TEÓRICO

**Fuentes de microplásticos.** Como la mayoría de los residuos derivados de la actividad humana la fuente de contaminación de los microplásticos se forma en las regiones continentales del planeta, que representan el 80 % de los desechos marinos, o en actividades marinas, como la pérdida accidental o la eliminación ilegal durante la pesca o la perforación en alta mar (Coyle, Hardiman, & Driscoll, 2020). Los MP primarios se fabrican intencionalmente para ser aplicados en forma de gránulos de resina o como exfoliantes en una diversidad de productos destinados al cuidado personal, entonces los productos que contienen plásticos, como la ropa sintética y los neumáticos para automóviles, también generan MP primarios durante su uso mar Coyle, Hardiman, & Driscoll, (2020). Las bolsas de plástico de un solo uso son una fuente importante de  $\mu$ P secundarios por su resistencia baja a la descomposición cuando se exponen al agua de mar y la luz solar (Abreu and Pedrotti 2019). La meteorización de desechos plásticos más grandes en tierra y en el mar reduce su integridad estructural y conduce a la formación de MP fibrosos o fragmentados, conocidos como  $\mu$ P secundarios (Rezania et al. 2018), otras fuentes incluyen desechos de embalaje, cuerdas y redes de pesca y artículos de consumo desechables (Coyle, Hardiman, & Driscoll, 2020).

La contaminación por microplásticos marinos divide en fuentes terrestres, marinas y aéreas, los ríos son las vías más importantes para el transporte de microplásticos desde las zonas del interior, los desechos plásticos en los sistemas de drenaje municipales y los efluentes de aguas residuales, se arrojan al mar a través de los ríos, y los desechos plásticos del turismo relacionado con la playa, mientras que las fuentes marinas se originan en la pesca, el transporte marítimo y las industrias en alta mar , de grandes, la principal fuente en alta mar es la flota pesquera mundial basura ilegal (Yang, Chen, & Wang, 2021).



**Figura 1.** Microplásticos en el medio marino, distribución en la columna de agua y fondo. Fuente: Coyle, Hardiman, & Driscoll (2020).

Por lo tanto, se esperaría que la mayor parte del plástico que ingresa al entorno marino se encuentre flotando en la superficie de los mares, mientras que las muestras del fondo deben contener solo polímeros de flotabilidad negativa, a saber, poliestireno (PS) y tereftalato de polietileno (PET) (Karkanorachaki, Syranidou, & Kalogerakis, 2021).

Choy et al. (2019) reportó la presencia de MP en la Fosa de las Marianas, Océano Pacífico en los sedimentos marinos a una profundidad de 5500 a 11000 m, cuya composición estuvo conformada por poliéster (19 %), polipropileno (15 %), poliuretano (14 %), poliamida (12 %), cloruro de polivinilo (10 %), rayón (10 %) y polietileno (9 %) , mientras que Dai et al (2018) también reportó la presencia de polipropileno (PP), polietileno (PE), cloruro de polivinilo (PVC) poliestireno (PS) tereftalato de polietileno (PET) acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y celulosa en la columna de agua del mar de Bohai, en el océano del pacífico oeste. Otros estudios

demonstraron composiciones de polietileno (19 %), poliamida (14 %), policloruro de vinilo (13 %), poliuretano (12 %), poliéster (11 %), poliestireno (11 %), rayón (9 %) (Peng et al. 2018).

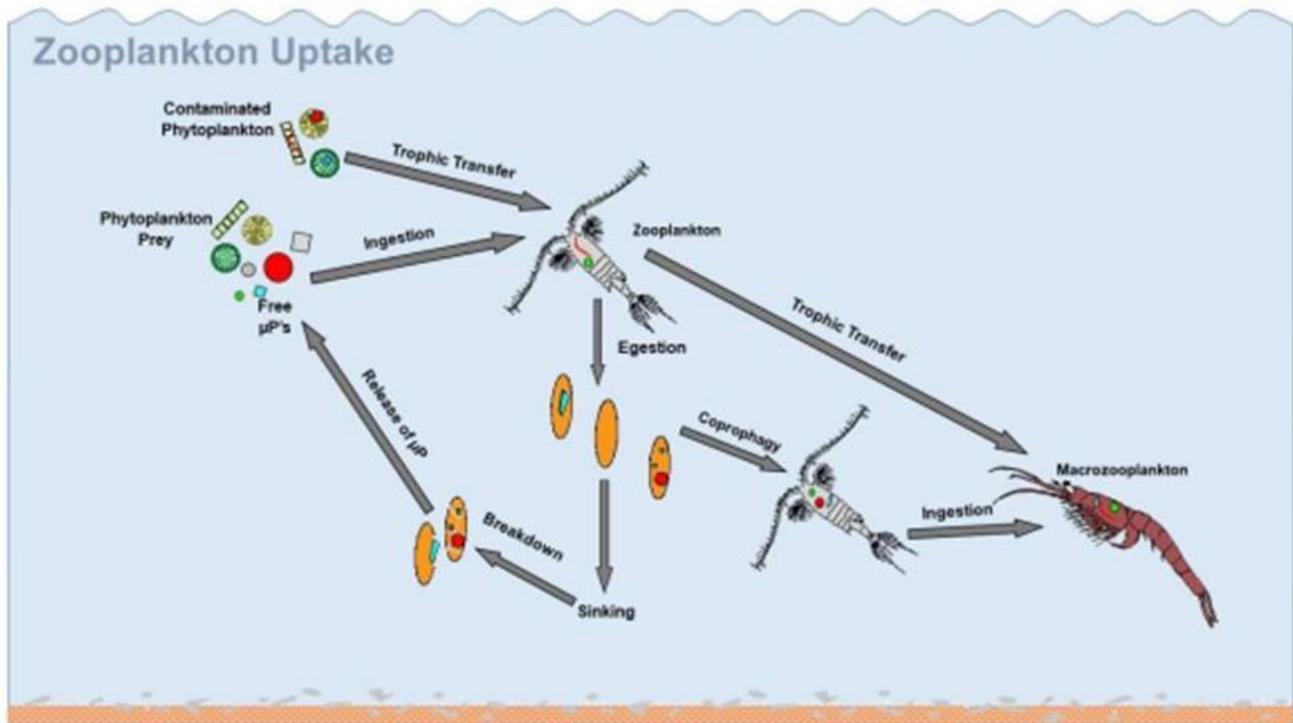
Iñiguez, Conesa, Fullana (2018), observó la degradación de los cuatro principales plásticos (Nylon, Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Tereftalato de polietileno (PET)) que se encuentran en el mar durante 6.5 meses al estar expuestos a la radiación UV en un ambiente marino. . Se recopilaron datos sobre los cambios en las propiedades físicas y químicas de cada uno de ellos para evaluar las posibilidades de reciclaje (mecánico) del material. Además, se estudiaron las propiedades mecánicas de cada plástico, los principales plásticos y sus abreviaciones más usadas son mostradas en la tabla 1.

**Tabla 1.** Principales plásticos presentes en el medio marino y micro plásticos

<b>Tipo de MP</b> <b>Abreviaciones</b>	<b>Nombre</b>	<b>Abreviaciones</b>	<b>Nombre</b>
<b>PP</b>	polipropileno	<b>PVCA</b>	Copolímero de cloruro de vinilo/acetato de vinilo
<b>PA</b>	Poliamida	<b>ABS</b>	Copolímero de acrilonitrilo/butadieno/estireno
<b>PET</b>	Tereftalato de polietileno	<b>PVK</b>	Poli (N-vinil carbazol)
<b>PS</b>	Poliestireno	<b>PEVA</b>	Aleación de PVC/acrílico y poli(etileno-co-acetato de vinilo)
<b>PE</b>	Polietileno	<b>PVF</b>	Polivinilo formal
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo	<b>EE:</b>	epiclorhidrina epoxi
<b>PU</b>	Poliuretano	<b>PP-PE</b>	Copolímero de poli(etileno:propileno:dieno)
<b>PAK</b>	Poliacrilato	<b>PVA</b>	Acetato de polivinilo

<b>PVS</b>	estearato de polivinilo	<b>CL</b>	Celulosa
<b>EPC</b>	Copolímero de etileno/propileno	<b>CP</b>	Celofán
<b>SBR</b>	Caucho estireno-butadieno	<b>PAE</b>	poliarileter
<b>EPDM</b>	Caucho de etileno/propileno/dieno	<b>RY</b>	Seda artificial
<b>AR</b>	resina alquídica	<b>PB</b>	polibutadieno
<b>HDPE</b>	Polietileno de alta densidad	<b>PVB</b>	Benzoato de polivinilo
<b>LDPE</b>	Polietileno de baja densidad	<b>TPA</b>	Ácido tereftálico
<b>NY</b>	Nylon	<b>BPA</b>	El bisfenol A
<b>PES</b>	Poliéster	<b>PC</b>	policarbonato

**Tipo de organismo marino.** El impacto a los organismos marinos se da por contacto directo o la exposición de la cadena alimentaria, ya que los MP son ingeridos por los organismos y tienen efectos negativos en su desarrollo, metabolismo, reproducción y respuesta celular, etc. (Mao et al. 2018, Messinetti, et al 2018; Yu et al. 2018; Gomiero et al. 2018).



**Figura 2.** Flujo grama de la cadena de ingestión y de trasferencia de los micro plásticos presentes en los gránulos fecales de zooplancton. Fuente: Coyle et al. (2020).

**Fitoplancton.** Productores primarios en la base de las pirámides tróficas marinas, es fuente de alimento para muchos organismos marinos, es la mayor parte de la nieve marina, que es materia orgánica importante necesaria para mantener el metabolismo de los bentos marinos. El fitoplancton, como las algas, interactúan con los MP, son capaces de formar heteroagregados con MP, y esto podría influir en la distribución vertical y la velocidad de sedimentación de los MP en la columna de agua y aumenta la tasa de hundimiento y reduce el tiempo de residencia de los MP en el medio marino. La interacción entre los microplásticos y el fitoplancton puede interferir con la alimentación del zooplancton, ya que el fitoplancton es una importante fuente de alimento para la mayoría de los animales planctónicos y para los organismos depredadores y que se alimentan por filtración en los niveles tróficos más altos (Egbeocha et al 2018).

El entorno bentónico marinos es un reservorio de desechos microplásticos, de polímeros que flotan positivamente, la densidad de muchos polímeros plásticos es

inferior a la del agua de mar, flotan en el medio marino; pero puede aumentar durante su tiempo de residencia en aguas marinas las micropartículas de plástico que son más densas que las aguas de mar se hunden y se asientan en el fondo del océano (Egbeocha et al 2018)

Moluscos bivalvos. Se ha informado que los moluscos bivalvos que se alimentan por filtración ingieren microplásticos en su entorno natural y se expulsan a las pocas horas de ser consumidos por muchos organismos marinos, los microdesechos se han observado en las branquias, las glándulas digestivas, el estómago y el sistema circulatorio de los bivalvos se translocan al sistema circulatorio de los moluscos bivalvos pueden permanecer en la hemolinfa del organismo hasta por 48 días. Así, más que simplemente ingerir microplásticos, algunos bivalvos pueden acumularlos por períodos prolongados de tiempo con el riesgo de consecuencias adversas (Onyema et al. 2018), Este tipo de organismos presenta las concentraciones ambientales más elevadas de contaminantes orgánicos que incluyen ftalatos, pesticidas y PCBs aunque algunos autores señalan que las tasas estimadas de su consumo, no arriesga la salud humana (Polidoro et al. 2022).

**Exposición.** La Exposición hay dos modos principales de exposición a MP para los organismos marinos: el contacto por el baño y la ingestión. El baño, como método de contacto más común se podrían adherirse a la superficie de la piel, la corteza y el ectodermo de *Artemia franciscana* y ser ingeridos por organismos con bajo contenido de nutrientes (como el zooplancton, como la artemia (Mao et al 2018) y las larvas de varios animales marinos, como los mariscos y las ascidias ya que los microplásticos son similares a los organismos planctónicos y sedimentos en tamaño y densidad.

La Translocación se debe a que los MP se encuentran en el sistema circulatorio y los tejidos de algunos organismos marinos porque podrían atravesar los tejidos epiteliales e incluso las membranas celulares (Yang et al 2021), después de una exposición de 3 h, se detectó HDPE en el estómago de los mejillones ya que los MP no se pueden digerir ni absorber, pueden atravesar las membranas celulares, transportar a través de la capa interna del epitelio intestinal hacia el sistema

circulatorio y entran en los tejidos después de la ingestión y alcanzar branquias e intestinos ya que depende del tamaño de las MP, pero también se ve afectada biológicamente por otros factores, como la forma, la concentración y los organismos relacionados (Yang et al 2021).

**Propiedad del MP.** Los microplásticos se pueden dividir en dos grupos: i) Microesferas de plástico diseñadas originalmente, partículas y polvos producidos industrialmente, formulaciones cosméticas, de fabricación de fibras y textiles y ii) microplásticos secundarios implican la descomposición de grandes desechos plásticos por degradación biológica, química y física, (biodegradación, fotodegradación por la radiación solar ultravioleta) y abrasión mecánica (acción de las olas) de especies microbianas, daños mecánicos y fotodegradación, así como a la degradación oxidativa, que descompone los plásticos frágiles en microplásticos, los microplásticos y nanoplásticos se ingieren más fácilmente y tendrán impactos adversos a largo plazo en el medio ambiente marino (Yang, Chen, & Wang, 2021).

El tipo de plástico más común es polipropileno (PP), polietileno de alta y baja densidad (HDPE y LDPE), cloruro de polivinilo (PVC), poliuretano (PUR), tereftalato de polietileno (PET) y poliestireno (PS)], polietileno (PE ) y el PP son actualmente los polímeros predominantemente recuperados en todos los compartimentos ambientales, es difícil comparar los efectos de los polímeros en función de la química de sus monómeros cuando parte de los otros constituyentes no identificados pueden ser tan tóxicos (Naji et al. 2018), si no más, que los propios monómeros. Los polímeros exhiben diferentes densidades que afectan su flotabilidad, comportamiento y biodisponibilidad para los organismos marinos, es probable que los que se alimentan de filtro/suspensión pelágicos y los que se alimentan de plancton encuentren plásticos de baja densidad con flotabilidad positiva como el PE (densidad 0.91 a 0.94), mientras que se espera que los plásticos de alta densidad como el PET (densidad 1.38) se hundan, por lo que disponible para los comedores suprabentónicos y bentónicos en suspensión/depósito, así como para los detritívoros (Ika et al. 2018)

**Forma.** Se pueden distinguir formas de esferas (perlas, bolitas y gránulos) que se producen como MP primarias; y fibras (filamentos y líneas), películas, fragmentos y espumas producidos a partir de la fragmentación de desechos plásticos más grandes MP secundarios, acumulación de MP de diferentes formas, como planas, granulares, fragmentos o fibras, en diferentes organismos (Wang et al. 2020; Ika et al 2018)

**Tamaño.** Los organismos marinos encuentran piezas de plástico con un amplio rango de tamaños, desde nanómetros hasta metros. El tamaño de las partículas controla la probabilidad de consumo y, por lo tanto, los posibles efectos adversos la ingestión de MP, la transferencia trófica y los impactos comprende la exposición a un tamaño específico (Hoffmann et al. 2020), la exposición a varios tamaños por separado y exposición a una mezcla de diferentes tamaños, partículas de 7 a 30  $\mu\text{m}$  parecían ser ingeridas por varios grupos de zooplancton (larvas de decápodos, copépodos y quetognatos), las ostras adultas ingieren esferas de 6  $\mu\text{m}$  sobre las de 2  $\mu\text{m}$  La ingestión digestiva de peces también pueden favorecer la entrada de MP-NP causa problemas en el tracto digestivo (saciedad, obstrucción, inflamaciones, úlceras, etc.) con impactos esperados en el balance energético (Ika et al. 2018)

Modificación de las propiedades de la superficie. Una vez que han ingresado al medio ambiente, todos los fragmentos o gránulos de plástico experimentan un envejecimiento, un término utilizado para abarcar todos los cambios en las propiedades del polímero durante un período de tiempo determinado pueden afectar la composición del polímero y modificar la integridad física de la partícula y sus propiedades superficiales (Scanes et al. 2019; Ika et al. 2018)

## **III. MÉTODO**

### **3.1. Tipo y diseño de investigación.**

Esta investigación corresponde al enfoque cualitativo (Pandey and Pandey, 2015), debido que se emplea artículos científicos basados en el impacto que ejerce los micro plásticos en los distintos organismos marinos, son investigaciones desarrolladas a nivel global desde el año 2018 por lo que es histórico o longitudinal, toda la información está basada en investigaciones cuantitativas en las que se ha identificado el organismos marino, el tipo o naturaleza del residuos plástico, sus propiedades, además es aplicada porque refiere a la aplicación de las ciencias básicas en la identificación y cuantificación de estos contaminantes en los diversos organismos presentes en sedimentos y aguas marinas y en la parte continental y costera.

El desarrollo de la investigación correspondido a la sistematización de la información recolectada mediante fichas de observación en los que se registró cada dato obtenido en cada artículo conforme fue informado por el autor en sus resultados por la naturaleza de la guía se está explicando un diseño cualitativo narrativo de tópicos. Toda la información ha sido ordenada por categorías y subcategorías cuya búsqueda se realizó usando palabras clave y aplicando los criterios de inclusión como el año de publicación, idioma inglés.

### **3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización**

La tabla muestra la matriz de consistencia planificada en esta investigación:

Tabla 2. Matriz de categorización

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>SUB CATEGORIA</b>	<b>REFERENCIAS</b>
¿Qué tipo de plásticos se degradan a MP en el mar?	Analizar el tipo de plásticos se degradan a MP en el mar	Tipo de MP	PET o PETE (tereftalato de polietileno) HDPE (polietileno de alta densidad) PVC (policloruro de vinilo) LDPE (Polietileno de baja densidad) PP (Polipropileno) PS (Poliestireno)	Zhou et al. 2018,, Zantis et al. 2021, Zhou et al. 2018, Naidu et al, 2019
¿Qué tipo de organismos marinos son afectados por los MP?	Analizar el tipo de organismos marinos son afectados por los MP	TIPO DE ORGANISMOS MARINOS	Rotíferos, Equinodermos, Reptiles, Mamíferos, Poríferos, Peces, moluscos, Gusanos marinos, Crustáceos.	Ding et al. 2019; Ferreira I et al. 2019 Bagheri et al. 2020 Zheng et al. 2021

### **3.3. Escenario de estudio**

No se ha considerado un lugar físico sino virtual, debido al uso de artículos científicos publicados en distintos lugares del mundo, con especial preferencia en los 5 continentes para evaluar el impacto y alcance de la contaminación y efectos del micro plástico en los organismos marinos. Los artículos correspondieron a revistas indexadas previamente evaluadas por árbitros científicos y pertenecientes a base de datos de alto impacto como Scopus. Los artículos fueron obtenidos en la biblioteca virtual de la UCV y se muestran a continuación una tabla como ejemplo:

### **3.4. Participantes**

La investigación comprendió la revisión de la base de datos de Scopus, y Web o Science, de manera virtual en la biblioteca de la UCV y se ha recopilado artículos sobre el efecto de micro plásticos en la biota marina. Se revisaron 10 artículos de revistas de alto impacto (Q1) a partir de la cual se han extraído los datos en función de las categorías presentadas en la matriz metodológica.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El desarrollo de cada categoría y su correspondiente sub-categoría se desarrolló mediante un análisis documental o de narración de tópicos (Domínguez, 2016, p. 15), la narración de acuerdo a los tópicos formulados (tipo de organismos, naturaleza del MP etc). Por tanto se han originado datos no solo cualitativos sino también numéricos registrados por la técnica de la observación, y luego se elaboraron tablas de los resultados presentadas en este documento, para ello se extrajo la siguiente información: bibliografía, preguntas de investigación, problemática, los objetivos, categorías, subcategorías, estadísticas empleadas, resultados, conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

### 3.6. Procedimientos

El procedimiento se muestra en la figura, en ella se aprecia la secuencia de la investigación, se han planteado 4 categorías, las cuales han generado la búsqueda de artículos de investigación específicas a la naturaleza de cada una, a partir de ellas se han planteado las subcategorías a partir de las mismas se han elaborado fichas para la investigación narrativa de tópicos, es importante destacar que se han usado exclusivamente artículos experimentales y artículos de revisión donde se ha extraído la parte teórica, considerando que los mismos se encuentran con información desactualizada ya que sus citas y búsquedas corresponden a años inferiores (primera década de 2000). El material usado ha correspondido entre el 2018 al 2022 en idioma inglés de las bases de datos Scopus y WoS, las palabras claves usadas fueron: **Types of organism; Types of MP.** Se usaron fichas para extraer la información y posteriormente se elaboraron tablas Excel para presentar los datos de manera organizada. La tabla 3 presenta los criterios de investigación:

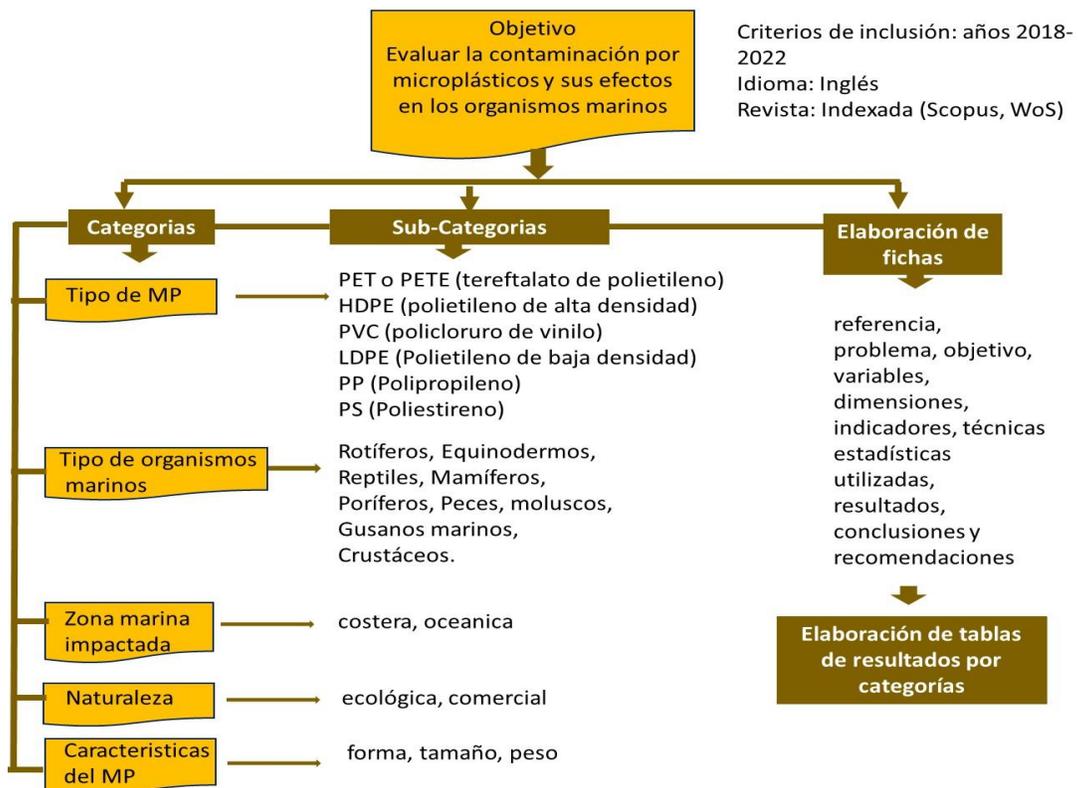
**Tabla 3.** Criterios usados en la investigación

Tipo de documento	Documentos referidos a	Cantidad	Palabras clave de búsqueda	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículo científico	Tipos de MP en el mar		<b><u>Types of MP</u></b>	2018-2022 Idioma inglés Revistas indexadas En Scopus y WoS	Años anteriores

Tipo de organismos marinos	<u>Types of organism</u>	Otros idiomas
Zona marina impactada	<u>impacted marine area</u>	Revistas no indexadas
Naturaleza y características	Nature and characteristics	
Artículo de Revisión	<u>Definiciones teóricas y enfoques sobre MP</u>	Theoretical definitions and approaches to PM

La figura 3 muestra el procedimiento seguido en la elaboración de los resultados de la investigación:

**Figura 4.** Procedimiento aplicado en la investigación



### **3.7. Rigor científico**

El rigor científico se define como la validez y confiabilidad, concordante y coherente en la interpretación que se desarrolla en la investigación mediante pruebas contundentes y confiables, por tanto, la validez es el grado en que un instrumento mide el material (o energía, o idea/concepto etc.) que debe medir, otro gran aspecto es la confiabilidad, la cual se define como el grado de congruencia en que el mencionado instrumento mide la variable (López et al., 2019). De lo expuesto, se alinea la investigación aplicando aspectos relevantes relacionados con la consistencia lógica de cada palabra clave usada en el tema de del efecto de los micro plásticos y sus efectos en los organismos marinos, la credibilidad, se ha basado en la recopilación de los artículos experimentales referenciados en este documento los que fueron revisados por arbitros científicos y fueron aceptados para su difusión en las revistas de Scopus y Web of Science, produciéndose la transferencia de los conocimientos, reproducibilidad y aplicabilidad de tales resultados experimentales. También esta difusión de artículos cuentan con la confirmación y la fundamentación que a su vez ha sustentado las discusiones elaboradas en la investigación particular (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 453-459).

### **3.8. Método de análisis de información**

Las fichas elaboradas han sido transferidas en tablas (usando el programa Excel), que demuestran los resultados en la búsqueda de las sub categorías que dio lugar a la interpretación y discusión de los hallazgos sobre el estado y condiciones de impacto de los MP en organismos marinos, etc. También se ha efectuado una reflexión sobre las tendencias y riesgos futuros del riesgo a la salud humana y futuro de la biodiversidad.

### **3.9. Aspectos éticos**

La Universidad Cesar Vallejo, posee principios éticos fundamentales para elaborar investigaciones y formación de sus estudiantes. Por ende, se han respetado los derechos de autor con las citas correspondientes y referencias incluidas al final del texto, asimismo, se ha declarado la originalidad de esta investigación por aplicación del software turnitin de la UCV, otra guía importante son los principios de ética del investigador establecido por el CONCYTEC y por la UCV, se ha cumplido con la guía los siguientes aspectos relevantes:

- Guía de Elaboración del Trabajo de Investigación y Tesis para la obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobada mediante RVI N°011-2020.
- Reglamento de propiedad intelectual de la universidad César Vallejo (UCV) aprobada mediante Anexo 01 - RCUN° 0168-2020-UCV
- Código Nacional de la Integridad Científica (Concitec s/f)
- RCUN°200-2018-UCV LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**OE1:** Los microplásticos (MP) presentes en el medio marino han producido una creciente preocupación mundial en los años recientes, China es el más grande productor de plástico a nivel global pero no el único, y los residuos observados en el mar van desde tamaños entre 0.001 a 0.5 mm, distribuidos con colores transparentes y negros, siendo los polímeros de polipropileno y polietileno los más comunes en los mares chinos (Wang et al., 2022). Comúnmente los MP se listan de acuerdo a sus números de etiquetado internacional como el PET (tereftalato de polietileno), HDPE (polietileno de alta densidad), PVC (cloruro de polivinilo), LDPE (polietileno de baja densidad), PP (polipropileno), PS (poliestireno) (Lerman et al. 2018). El PET se utiliza para fabricar botellas de agua y bebidas, el HDPE se usa para botellas de champú, botellas de leche y bolsas para congelar, el LDPE se utiliza para fabricar bolsas de plástico y películas para envasado de alimentos; el PP se utiliza para fabricar tapas de botellas y bolsas de plástico; se usa PS para vasos y cubiertos de plástico; y PS expandido para vasos de bebidas calientes y envases protectores (Lerman et al. 2018, Letcher et al. 2020). El PTFE, presenta absorción de agua ultrabaja y super elevada estabilidad química se usa como material resistente a la corrosión en la ingeniería marina, pero sufre corrosión acelerada en un entorno de alta presión en aguas profundas, a presión hidrostática superior a 20 MPa PTFE, polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE), polieteretercetona (PEEK) y poliimida (PI) (Liu et al. 2018). El estudio en aguas profundas mostro la presencia de polímero PMMA, su presencia en el mar y su adsorción se debe a la dependencia de la naturaleza de cargas externas y a las condiciones de funcionamiento, ya que es un material viscoelástico (Gasratova et al 2020). El poliacrilonitrilo (PAN) se sintetiza a partir de compuestos orgánicos a base de petróleo (He et al. 2019), pero es el PE de alta densidad (HDPE), el que tiene el mayor grado de cristalinidad y es el más versátil entre todos los PE, también el PE suele ser más estable, porque tiene menos ramificaciones cortas, lo que significa que las cadenas se empaquetan muy bien en la estructura cristalina (Graziano et al. 2019).

También, el PE es de baja densidad y puede mantenerse en suelo húmedo durante 12 a 32 años, es insoluble en agua (Ghatge, et al 2020), y puede formar el LDPE, que es un material dúctil y flexible, posee un alto grado de ramificación de cadena, lo que provoca interacciones intermoleculares débiles; mientras que el PE lineal de baja densidad (LLDPE), posee estructura lineal con números altos de ramificaciones cortas, por eso es útil en forma de películas, ya que es transparente, flexible (Graziano et al. 2019). El polietileno de alta densidad (HDPE), en cambio se usa para cubrir campos agrícolas y construir casas de poliestireno (Ghatge, et al 2020). Sin embargo, los microplásticos de poliestireno (PS-MP), son los más usados (Yu et al. 2020). La cuestión es que el poliestireno (PS) se ha usado como sustrato fundamental para el cultivo de células animales y humanas adherentes por más de 50 años, la razón es debido a su claridad óptica y muy fácil de fabricar (Lerman et al. 2018). Por otro lado, las fibras de polipropileno (PP), se pueden dividir en microfibras de PP y macrofibras de PP, de manera comercial, las microfibras de PP suelen medir diámetros entre 5 a 100  $\mu\text{m}$  y una longitud de 5 a 30 mm y las de nivel macrofibras, se ubican entre 30 y 60  $\mu\text{m}$  con secciones transversales entre 0.6 a 1  $\text{mm}^2$  (Wang et al. 2019).

Durante el proceso de degradación en el mar se pueden formar grietas, Iñiguez, Conesa y Fullana (2018), demostraron para el PE), PP y PET, algunas grietas, escamas y oxidación granular, así como una pérdida de homogeneidad debido a un aumento en el módulo de Young, lo que indica una pérdida de elasticidad del polímero, en consecuencia, la tenacidad de los materiales disminuye, lo que genera un aumento en la rigidez de los polímeros produciendo las roturas del plástico. En el mar cuando se trata de poliestireno espumado (PSf) que es muy ligero e hidrofóbico, tienden a flotar mientras que las películas de polietileno de baja densidad (LDPE) se distribuyen inicialmente en el agua y después en los sedimentos, a pesar de su ligera menor densidad que el agua (Chubarenko et al 2019).

Es importante mencionar que la influencia de características hidrodinámicas como corrientes, afloramientos ascendentes y descendentes, giros y frentes también sería responsables de esta heterogeneidad en las distribuciones y concentraciones de MP, así los polímeros con menor densidad como el PE y PP flotan sobre la superficie, mientras que los más densos que el agua de mar como el PVC se hunden, y su posición varía en la columna de agua debido a los frentes de agua o la bioincrustación (Cincinelli et al. 2019). Orona-Návar et al. (2022), en su propección en los mares de Suecia, Noruega, Alemania y Dinamarca identificaron las fibras textiles sintéticas y residuos del desgaste de los neumáticos como sus principales fuentes de microplásticos la detección de microplásticos en organismos acuáticos ha sido muy estudiado en Brasil, seguido de Chile, Argentina y México y la presencia de microfibras en organismos ha sido identificado en el 75% de estos muestreos, seguida de fragmentos o partículas (19%), siendo la ingestión de microplásticos mucho mayor en especies que habitan regiones cercanas a vertederos o vertederos abiertos, esto significa que una parte de los MP corresponden a residuos secundarios (fibras y fragmentos) como un factor de contaminación por MP (Orona-Návar et al. 2022)

**Tabla 4.** Tipos de plásticos en forma de MP que contaminan el medio marino

Polimero		Fórmula	Denominación de la IUPAC	Monomero (s)	Nombre	Polimero	Uso	Descripción
Polietileno	PE	$(C_2H_4)_n$	Eteno	$CH_2=CH_2$ (eteno)		-CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> -	Polímero más común. Se utiliza en bolsas, aislamiento de cables y botellas comprimibles.	Los residuos presentan grietas, escamas y oxidación granular, reducción de homogeneidad superficial (Ghatge, et al. 2020; Iñiguez, et al., 2018, Wang et al. 2022)
polipropileno	PP	$(C_3H_6)_n$	poli(1-metileteno)	$CH_2=CH-CH_3$ (1-propeno)	(1-propeno)	-CH <sub>2</sub> - CH- CH <sub>3</sub>	Fibras, alfombras interior-exterior, botellas	Iñiguez, et al, (2018), Orona-Návar et al. (2022)
Poliestireno	PS	$(C_8H_8)_n$	poly(1-phenylethene-1,2-diyl)	$CH_2=CH-$	(estireno)	-CH <sub>2</sub> - CH-	Espuma de poliestireno, objetos moldeados	Presente en playas y zonas costeras del mar y del océano, también presentes poliestireno espumado

							como vajillas (tenedores, cuchillos y cucharas), bandejas, estuches para videocasete	(PSf) muy ligeras e hidrofóbicas (Chubarenko et al 2019)
Cloruro de polivinilo (CLORURO DE POLIVINILO)	PV C	(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl) <sub>n</sub> ; n = 700 a 1500		CH <sub>2</sub> =CH- Cl	(cloruro de vinilo)	-CH <sub>2</sub> - CH- Cl	Envoltura transparente para alimentos, botellas, revestimientos para pisos, cuero sintético, tubería de agua y desagüe	Es un residuo más denso que el agua de mar y tiende a hundirse, y su posición varía en la columna de agua debido a los frentes de agua o la bioincrustación (Cincinelli et al. 2019).
politetrafluoroetileno (teflón)	TEF LO N	(C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> ) <sub>n</sub>	poly(1,1,2,2-tetrafluoroethylene)	CF <sub>2</sub> =CF <sub>2</sub>	(tetrafluoroetileno)	-CF <sub>2</sub> - CF <sub>2</sub> -	Superficies antiadherentes, cinta para plomería, recipientes y	El PTFE, presenta absorción de agua ultrabaja y super elevada estabilidad química se usa como material resistente a la corrosión en la ingeniería marina pero sufre

							películas resistentes a productos químicos	corrosión acelerada en un entorno de alta presión en aguas profundas, a presión hidrostática superior a 20 MPa (Liu et al. 2018)
Polimetacrilato de metilo (Lucita, plexiglás)	PM MA		poli [1 - (metoxicarbonil) etileno]	CO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> =C-CH <sub>3</sub>	(metacrilato de metilo)	CO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -C-CH <sub>3</sub>	Reemplazo de vidrios, pinturas y productos para el hogar	El punto debilo de PMMA, es la dependencia significativa a la naturaleza de las cargas externas y las condiciones de funcionamiento, Ya que es un material viscoelástico ( Gasratova et al. 2020)
poliacrilonitrilo (Acrilán, Orlón, Creslán)	PA N			CH <sub>2</sub> =CH-CN	(acrilonitrilo)	-CH <sub>2</sub> -CH-CN	Fibras utilizadas en camisas de punto, suéteres, mantas y alfombras	El poliacrilonitrilo (PAN) se sintetiza a partir de compuestos orgánicos a base de petróleo (He et al. 2019),

Acetato de polivinilo (PVA)	PVA		poly (1-acetyloxyethylene)	CH <sub>2</sub> =CH-OOCCH <sub>3</sub>	(Acetato de vinilo)	-CH <sub>2</sub> -CH-OOCC H <sub>3</sub>	Adhesivos (pegamento de Elmer), pinturas, revestimientos textiles y goma de mascar	La industria de los adhesivos es una de las aplicaciones más importantes para las emulsiones de poli(acetato de vinilo) (PVAc), la presencia de PVOH disminuye la resistencia al agua del adhesivo a medida que se introducen los grupos hidroxihidrofílicos en el sistema el poli(acetato de vinilo) a menudo se hidroliza parcialmente para formar grupos hidroxihidrófilos y grupos carboxi unidos a la estructura del polímero, en las ramificaciones del polímero durante la polimerización en emulsión. Esto empeora la resistencia al agua. (Dhawale et al. 2021; Cincinelli et al 2020).
		(C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>						
Caucho estireno-butadieno					CH <sub>2</sub> =CH - CH <sub>2</sub> =CH	-CH <sub>2</sub> -CH-CH <sub>2</sub> -	Caucho antirrebote utilizado en neumáticos	-

(SBR)					- CH=CH2	CH-CH- CH2-		
-------	--	--	--	--	-------------	----------------	--	--

**OE2:** Cuando se forman heteroagregados en el intestino de los organismos marinos de presa se puede retrasar la eliminación de MP, aumentando las probabilidades de transferir MP en la cadena trófica a los depredadores; de tal forma que se pueden afectar negativamente la supervivencia y energía de las especies clave en la cadena trófica ya que se puede adsorber y concentrar contaminantes orgánicos de hasta 1 millón de veces más de lo que se registra en el mar, entonces la ingestión de fragmentos MP marcan una ruta probable para el ingreso y biomagnificación de contaminantes muy tóxicos en los alimentos marinos, la ingesta de MP causa trastornos endocrinos en peces adultos (Egbeocha, et al. 2018). En el caso de las propiedades superficiales de las NP tienen efectos contrastantes en una batería de bacterias, siendo imperativo comprender la cinética de toxicidad de los nanoplasticos con diferente carga, que prospera en altas concentraciones de sal, expuesta a nanopartículas de PS amino catiónicas (PS-NH<sub>2</sub>; 50 nm) y nanoesferas de PS (perlas PS; 55 nm) a diferentes concentraciones (20-320 mg/mL) afectaron el crecimiento celular e influyeron en la composición química y la eficiencia de conversión de amoníaco a 80 mg/L (Sun et al., 2018). En el agua de mar hay una gran variedad de nanopartículas y micropartículas naturales (10-500 µg/L), con tamaños < 100 nm que al ser ingeridas por los organismos marinos no pueden degradar los polímeros sintéticos del plástico, aun peor si los absorben y acumulan, el problema es la serie de contaminantes adheridos en los micro plásticos, entre estos destacan los metales pesados, compuestos orgánicos incluidos los persistentes como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), los bifenilos policlorados (PCB), los éteres de difenilo polibromados (PBDE) y el diclorodifeniltricloroetano (DDT) (Guzzetti, et al. 2018). Los organismos bentónicos, especialmente los mejillones del género *Mytilus*, como son las especies *Mytilus edulis* L. y *Mytilus galloprovincialis*, se utilizan comúnmente como bioindicadores para evaluar el estado de salud de los ambientes acuáticos y para monitorear la contaminación marina (Capillo et al., 2020), los mejillones tienen un estilo de vida sésil, filtran gran cantidad de agua y son capaces de ingerir y acumular en sus tejidos una gran cantidad de contaminantes marinos que en general toleran. Sin embargo, varios estudios han evidenciado que el principal efecto de la acumulación

de contaminantes en los mejillones es el daño celular en respuesta al estrés oxidativo (Sehonova et al., 2018; Sureda et al., 2020).

		1		2		3
Marinobacter adhaerens	Bacteria					
Oceanobacter kriegii	Bacteria					
Marinobacter algicola	Bacteria					
Cobetia marina	Bacteria					
Marinobacter hydrocarbonoclasticus	Bacteria					
Pseudoalteromonas carrageenovora	Bacteria					
Sphaerobacter inhibins	Bacteria					
Halomonas alkaliphilic	Bacteria					
Dunaliella tertiolecta	Alga					
Chaetoceros neogracile	Alga					
Tetraselmis chuii	Alga					
Nannochloropsis gaditana	Alga					
Thalassiosira weissflogii	Alga					
Rhodomonas baltica	Alga					
Brachionus koreanus	Rotíferos					
Brachionus plicatilis	Rotíferos					
Paracentrotus lividus	Equinodermos					

Stereochinus neumayeri	Equinodermos					
Amphibalanus amphitrite	Crustaceo					
Tigriopus japonicus	Crustaceo					
Artemia frandiscana	Crustaceo					
Euphasia superba	Crustaceo					
Mytilus edulis	Molusco					
Mytilus galloprovincialis	Molusco					
Crassostrea gigas	Molusco					
Dicentrarchus labrax	Pez					
Sparus aurata	Pez					

Fuente: Gonçalves et al. (2021)

**Tabla 5.** Organismos marinos de la cadena trófica y efectos de los MP

Filo	Especies	Tamaño NP (nm)	Concentración (ug/mL)	Tiempo de exposición (h)	Efecto
Bacteria	<i>Halomonas alkaliphilia</i>	55	20 -320	2	Disminución de crecimiento (32% a max concentración) Disminución de densidad celular (45% a max concentración) y disminución de 57% de tasa de crecimiento
Alga	<i>Dunaliella tertioleta</i>	50	250	72	Aumento de la mortalidad
Rotíferos	<i>Brachioninus koreanus</i>	50	10	24	Incremento en la expresión de clap y cstb
Crustáceo	<i>Amolibalanus amphitrite</i>	100	0.5 -10	240 y 048	Diminution de la fecundidad
	<i>Artemia ranciscana</i>		0.001 -10	96	Disminución de producción de pseudofases
	<i>Tririopus japonicus</i>	50	0.125 -25	8	Disminución de la actividad enzimática
Moluscos	<i>Mytilus edulis</i>	30	100-300	96	Diminution de viabilidad celular
	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	106	0.5-50	24	

Peces	<i>Dicentrarchus labrax</i>	100	0.01-10	24
	<i>Spaurus aurota</i>			

---

**Algas.** Las microalgas marinas juegan un rol importante ante la presencia de MPP, estas forman biopelículas que colonizan los MP, las biopelículas se forman a partir de la excreción de sustancias poliméricas extracelulares (EPS) de las microalgas, transportando a los MP la columna de agua, a altas temperaturas (32.5°C) la densidad de algas y deposición de MP disminuye, pero a 25 °C estas dos parámetros se incrementan, pero a 32.5°C, disminuyen ambos, concentraciones de MP de 0 a 0,3 mg/ml incrementaron la producción de EPS con un incremento en la densidad de células de algas y cuando se elevan entre 0.3 a 0.4 mg/mL de MP se produce la disminución en la densidad de células de algas, pero no afectó la producción de EPS (Gopalakrishnan et al. 2022). Hoffmann et al. 2020) también confirmó esta propiedad, al evaluar la interacción entre las algas de hielo *Fragillariopsis cylindrus* y las perlas microplásticas se observó que durante la formación de hielo, los MP no afectó la colonización del hielo mediante las células de *F. cylindrus*, es más se produjo una fuerte correlación entre la salinidad y la cantidad relativa de perlas en el agua y el hielo, si la salinidad del agua aumenta, la cantidad relativa de perlas en el agua disminuyó eso indica que hay indicios de que las algas podrían afectar la cantidad de MP y su adherencia a las paredes del contenedor, debido a los EPS de las algas que interactúan en la unión a la superficie de los MP.

**Rotíferos.** Los rotíferos son consumidores primarios y secundarios de gran especialidad en los sistemas marinos, porque transfieren energía desde el fondo de la cadena alimentaria a las especies superiores (Jeong y Choi, 2019). El tamaño pequeño y la sensibilidad, así como la facilidad de cultivo y crecimiento exponencial, son características favorables de los rotíferos como modelos de prueba en estudios ecotoxicológicos (Guzzetti et al. 2018). Su situación es compleja ya que pueden coexistir con otras especies por sus relaciones tróficas, como el alga nociva *Phaeocystis* y los microplásticos, por ejemplo el rotífero *Brachionus plicatilis* mantiene una dinámica poblacional basada en la relación con esta alga de depredador-presa, se ha observado que para pequeños tamaños de MP de 0.07 µm con concentraciones altas mayores que 5 µg/mL la población reduce significativamente la supervivencia y la reproducción, pero también se prolonga el

tiempo de maduración y se reduce el tamaño corporal cuando estos maduran, asimismo los MP de mayor tamaño entre 0.7 y 7  $\mu\text{m}$  no producen efectos en las características de vida de los rotíferos (Gonçalve et al. 2021). Deok-Seo et al (2021) coincide con Gonçalve et al (2021), para la especie *B. koreanus* la cual se alimenta de la especie *T. suecica*, el problema es que las especies menores se alimentan también de compuestos presentes en los MP y complican los efectos y terminan afectando a la progenie, Lan, et al. (2021) confirma finalmente que la ingesta es directamente proporcional con la concentración de MP presentes en los organismos marinos.

**Tabla 6. Rotíferos marinos y los efectos de MP**

<b>Organismo</b>	<b>Posicion en la cadena trofica</b>	<b>Características</b>	<b>Microplásticos</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Efectos</b>	<b>Referencia</b>
Los rotíferos, que vinculan a los productores primarios y los consumidores	consumidores primarios tróficos superiores	coexistir con el alga nociva <i>Phaeocystis</i> y los microplásticos	<i>Brachionus plicatilis</i>	tamaño pequeño (0,07 µm) en niveles altos (≥5 µg mL <sup>-1</sup> )	Reducen la supervivencia y la reproducción Se prolonga el tiempo de maduración Se reduce el tamaño corporal al madurar	Gonçalve et al. (2021)
				tamaño grande (0.7 y 7 µm)	No se observaron efectos	
				rotíferos- <i>Phaeocystis</i> (depredador-presa)	tamaño MP pequeño (0.07 µm) retrasaron significativamente la eliminación de <i>Phaeocystis</i>	
<i>B. koreanus</i> se alimenta de T.	importancia de <i>B. koreanus</i>	Inhibición de la glicoproteína P	<i>Brachionus koreanus</i>	Afectan a la progenie	Mostraron un retraso significativo	Deok-Seo et al 2021

<p>suecica (suministrada como alimento) que asu vez ouede digerir compuestos organicos</p>	<p>como consumidor primario (transmite energía a los consumidores tróficos superiores)</p>	<p>(P-gp) conduce a la inhibición de la excreción química.</p>			<p>en el día pre-reproductivo bajo el régimen de dieta 0.5x.</p>	
<p>Estos rotíferos marinos no solo son capaces de comer nanoplasticos sino tamaños mayores</p>	<p>Se usaron 30 individuos por cada concentración de MP</p>	<p>la ingestión de microplásticos por parte de los rotíferos se correlacionó positivamente con la concentración</p>	<p><b>(<i>Brachionus plicatilis</i>)</b></p>	<p>Ingestión máxima: (65 partículas/individuo, a las 24 h,</p>	<p>Respuestas con una diferencia significativa entre el grupo de exposición de 5 mg/L y el grupo de exposición de 3 mg/L. a &gt;</p>	<p>Lan, et al. (2021)</p>
				<p>Concentracion maxima ingestada: 5 mg/L a 3 mg/L) en 24 horas</p>	<p>concentracion d eplasticos &gt; ingesta</p>	

		de microplásticos				
--	--	----------------------	--	--	--	--

**Equinodermos.** Teniendo en cuenta entre los equinodermos, los erizos de mar durante las etapas de la vida embrionaria, tienen una alta sensibilidad a las bajas concentraciones de contaminantes; pruebas con MP (CE50) de PS-NH<sub>2</sub> a las 24-48 hpf mostraron concentraciones de MP ingeridas de 3.82 mg/mL y 2.61 mg/mL, respectivamente, causando malformaciones de los bastones y los brazos del esqueleto, así como los embriones no desarrollados, después de la exposición a PS-NH<sub>2</sub> (Gonçalves, et al 2021). De otro lado los estudios de ingestión de microplásticos (MP) en las etapas larvales sensibles de ciertos equinodermos como *P. huttoni* (estrellas de mar) ha demostrado retenciones entre 1 y 5 µm, con efectos de exposición a corto plazo de MP esféricos para las larvas del erizo de mar *Pseudechinus huttoni*, mientras que la supervivencia no fue afectada de manera significativa cuando la prueba duró 10 días, pero si se ha presentado, una respuesta teratogénica debido a un retraso en el desarrollo con asimetría de los brazos en de las larvas y un daño oxidativo de lípidos y proteínas en el tejido corporal de las larvas lo cual representa efectos negativos para el estado físico y la supervivencia de un organismo (Richardson et al. 2021). Los reportes de la presencia de MP en pepinos de mar y de los dólares de arena marina que son erizos, todo presentes en los Cayos y península de Florida contenían microplásticos en su contenido intestinal, lo cual señala que pueden usarse para monitorear los ambientes arenosos (Plee et al. 2020). Se han reportado MP en organismos bentónicos como las estrellas de mar, del Área Marina Protegida Namuncurá en Burdwood Bank, suroeste del océano Atlántico, lo cual señala los impactos de los MP en el mar, especialmente en el tejido blando de *Henricia obesa* y *Odontaster penicillatus* con fibras celulósicas semisintéticas, y esferas poliméricas de fragmentos, lo que sumaba más del 61% con tamaños entre 24 y 1340 µm, la *H. obesa*, mostro una abundancia de 1 partícula/individuo y concentraciones de 3 partículas/gramo, aunque demostró que *O. penicillatus* era capaz de mantener 2 partículas/individuo equivalente a 1.94 partículas/gramo. Las fibras eran predominantemente azules y todos los fragmentos eran azulados/turquesa (Cossi et al. 2021).

**Tabla 7.** MP en equinodermos y sus efectos

estrellas de mar. Equinodermos	Presencia de fibras de celulosa semisintética, y composición polimérica de los fragmentos	Estudio efectuado en el área protegida subantártica en el atlántico sur	<i>Henricia obesa</i>	tamaños de MP: 24 y 1340 µm,	1,00 ± 1,03 partículas por individuo y 3,34 ± 4,13 partículas por gramo	Cossi et al (2021)
			<i>Odontaster penicillatus</i>	90% de las MP tenina tamaños < 1 mm	2,70 ± 2,91 partículas por individuo y 1,94 ± 2,09 partículas por gramo.	
pepinos de mar de los cayos de florida	-	-	<i>H. floridana</i>	H. floridana (X2 = 16.59, P = 0.000046)	Presencia de fibras y fragmentos, especies colectadas en el mar de Florida EEUU	Plee et al (2020)
			<i>A. agassizi</i>	A. agassizi (X2 = 7.95, P = 0.0048)		

			<i>H. mexicana</i>	negativo		
estrellas de mar. Equinodermos	las larvas de erizo de mar no pueden discriminar entre alimentos y partículas inorgánicas	En el desarrollo, la ciliación aumenta la capacidad de natación de las larvas, poseen mayor maniobrabilidad para captar MP	<i>Pseudechinus huttoni</i>	MP esféricas de 1 a 5 µm	ingieren y excretan MP verdes fluorescentes esféricos de 1 a 5 µm. Se requieren 90 - 150 min para que eliminen los MP del intestino al 100 %	Richardson et al. (2021)

**Crustáceos.** Los crustáceos marinos bentónicos y planctónicos son útiles en los ensayos ecotoxicológicos, ya que los pequeños crustáceos son un eslabón crucial dentro de la red alimentaria, ya que desempeñan un papel importante como consumidores primarios y, a veces, también secundarios. Conectan los flujos energéticos entre productores primarios (algas) y consumidores que se encuentran en niveles superiores (pescado) y, por lo tanto, se ubican en un nivel clave dentro de la red alimentaria (Gonçalves et al. 2021). Las respuestas fisiológicas y el comportamiento de las larvas de camarón místico (*Neomysis japonica*) han sido también observadas con relación a la ingesta de poliestireno (PS) y poliestireno carboxilado (PS-COOH), lo cual evidenció un efecto letal además de la inhibición en el crecimiento ante la bioacumulación de MP en el estómago. Entre los efectos destacan la disminución en la eficiencia de alimentación de las larvas, ya que se evidencia debilidades en sus competencias de depredación, otro aspecto relevante es la disminución de la capacidad de cacería debido a la reducción de sus actividades de natación, es suficiente tamaño de una micra para generar todos estos efectos negativos en el movimiento de larvas de camarones misticos (Wang et al. 2020). Las partes costeras son muy intensas, ya que el estudio en 8 especies de crustáceos silvestres del caladero de Zhoushan, frente al Mar de China Oriental, demostró la presencia de MP en sus branquias de 0.77 elementos/individuo y en el tracto gastrointestinal de 0.52 elementos/individuo, presentes en forma de fibra, azules y compuestos de polímeros de poliéster (Zhang et al. 2019) y Las investigaciones en camarón marino de importancia comercial, como *Fenneropenaeus indicus*, de las aguas costeras de Cochin, India, mostraron 128 microplásticos con un 83 % de fibras dispersos en los tejidos blandos de 330 camarones muestreados en 1 año entre el 2018 y el 2019, y confirmaron 0.39 microplásticos/camarón con una concentración de 0.04 microplásticos/g de peso húmedo (Damaris et al. 2020).

**Tabla 8. Crustáceos contaminados con MP**

Organismo	Posicion en la cadena trofica	Características	Microplásticos	Condiciones	Efectos	Referencia
Camarón e ingesta de microplásticos de poliestireno	larvas de camarón músido	Presencia de poliestireno (PS) y poliestireno carboxilado (PS-COOH)	Neomysis japonica	tamaño de una micra tenían efectos negativos	Efecto letal y de inhibición del crecimiento Disminución en la eficiencia de alimentación de las larvas Débil competencia de depredación por una reducción de la capacidad de caza Disminución en la actividad de natación	(Wang et al. 2020)

<p>8 especies de crustáceos silvestres del caladero de Zhoushan, frente al Mar de China Oriental,</p>	<p>en forma de fibra, azules y compuestos de polímeros de poliéster</p>	<p>Oratosquilla kempi, Charybdis japonica, Portunus gracilimanus, Charybdis variegata, Charybdis bimaculata, Carcinoplax vestita, Portunus trituberculatus , Oratosquilla oratoria</p>	<p>tracto gastrointestinal de 0.52 elementos/individuo</p>	<p>MP en branquias de 0.77 elementos/individuo</p>	<p>Zhang et al. (2019)</p>
<p>camarón marino de importancia comercial, India</p>	<p>128 microplásticos con un 83 % de fibras</p>	<p>Fenneropenaeus indicus</p>	<p>afección en los tejidos blandos</p>	<p>0.39 microplásticos/camarón con una concentración de 0.04</p>	<p>Damaris et al. 2020</p>

			microplásticos/g de peso húmedo	
--	--	--	------------------------------------	--

**Moluscos.** Los bivalvos, como organismos sésiles que se alimentan por filtración, tienen la capacidad de acumular muchas micropartículas son excelentes organismos centinela para evaluaciones ecotoxicológicas, en el caso del mejillón azul *Mytilus edulis*, fueron observados partículas de 30 nm en concentraciones de 100 y 300 mg/mL, produciendo pseudoheces ya que no fueron digeridos por lo que desempeñaron un bajo valor nutricional o nulo, mientras que el mejillón mediterráneo, *Mytilus galloprovincialis*, estas MP de PS-NH<sub>2</sub> con tamaños de 50 nm; luego de 30 min de exposición causando una disminución en la estabilidad de la membrana lisosomal y un incremento en la generación de oxirradicales, lo que condujo a un rápido daño celular como la formación de ampollas en la membrana y la desgracia de los filopodios (Gonçalves et al. 2021). Polidoro et al. (2022) señala que en las costas de Tutuila, Samoa Americana, los moluscos marinos habían ingerido en promedio entre 15 y 17 partículas por organismo, y que la mayoría de las MP estaban conformadas por microfibras identificadas como tereftalato de polietileno, a su vez informaron que poseían concentraciones altas de otros contaminantes orgánicos, incluidos ftalatos, pesticidas y PCB, el promedio oscilo entre 15 y 17 partículas/organismo con un 55 % de MP en forma de microfibras, el 75 % del plástico era tereftalato de polietileno (PET), otros fueron policarbonato (PC), poliamida (PA) y cloruro de polivinilo (PVC). Estas formas también han sido reportadas anteriormente, en el golfo pérsico, una abundancia de MP entre 10-5000  $\mu\text{m}$  de diámetro, en 05 especies de moluscos, con un máximo de 21 partículas/ g húmedo de tejido blando y una composición de microfibras que superaba el 50% y de fragmentos de casi el 26% (Naji et al. (2018). Estudios de los efectos sobre la ostra de roca de Sydney *Saccostrea glomerata* identificaron MP <2  $\mu\text{m}$  ingeridos por este organismo de importancia económica y ecológica, al parecer estos materiales fueron translocados a la hemolinfa, quizás a través de la fagocitosis esto debido a su naturaleza de filtrar las partículas pernetes en la columna de agua (Scanes et al. 2019).

**Tabla 9. Moluscos, estado en el medio marino y efectos de MP**

Organismo	Posicion en la cadena trofica	Características	Microplásticos	Condiciones	Efectos	Referencia
bivalvos	55 % de MP en forma de microfibras, el 75 % del plástico era tereftalato de polietileno (PET), otros fueron policarbonato (PC), poliamida (PA) y cloruro de polivinilo (PVC).		Astraea rhodostoma, baltillaria spp., Isognomod spp. Nerita plicata, Neritina canalis	Los microfragmentos oscilaron < 7 particulas/individui	Los microfibras presnetes unnuemor promedio de 10 particulas / individuo	Polidoro et al. (2022)
bivalvos en la costa iraní del Golfo Pérsico.	Tamaños: de 10 a 25 µm con un 37% de abundancia, 25 a 250 µm con un 58% de abundancia y 250 a 5000 µm,		Cerithidea cingulata Thais mutabilis Amiantis umbonella Amiantis purpuratus Pinctada radiata	Se registró un promedio de 3.7 a 17.7 partículas/individuo	Presneica de MP en tejido blando entre 0.2 y 21	Naji et al. (2018)

			partículas/g húmedo	
molusco en Sydney- Australia	las células "microfold" son responsables del transporte de microplásticos a través de la luz intestinal al sistema circulatorio en vertebrados	Sydney Saccostrea glomerata	fueron translocados a la hemolinfa, quizás a través de la fagocitosis	Scanes et al. (2019)

**Peces.** Zhang et al. (2019) estudio la presencia de MP en 11 especies de peces silvestres (193 individuos) y 8 especies de crustáceos silvestres (136 individuos) capturadas en el caladero de Zhoushan, frente al Mar de China Orienta, reporto la abundancia en las branquias (0.77 piezas/individuo) y en el tracto gastrointestinal (0.52 artículos/individuo) con formas de fibra, colores azules y compuestos de polímeros de poliéster de manera predominante. A pesar de los estudios que tratan de identificar el tiempo de retención de MP en el tracto gastrointestinal de los peces aún no hay precisiones, Klangnurak, et al. (2020) encontró concentraciones muy bajas en los peces demersales y pelágicos que estudiaron (7.76–9.92 %) en el mar de Tailandia, a diferencia de otras costas tailandesas, esto se debería a que los medios marinos son dinámicos y la presencia de MP en los peces dependerá de la disponibilidad de MP en el hábitat. En el mar de Perú, fueron evaluados los desechos plásticos en el contenido estomacal de dos especies comercialmente importantes *Ethmidium maculatum* y *Mugil*; se estudió el contenido estomacal de dos especies comerciales *Ethmidium maculatum* y *Mugil cephalus* del Perú; de 1820 estómagos el 0.3 % presentó 09 fragmentos MP entre 0.72 y 4.54 mm y un fragmento mesoplástico de 6.65 mm, siendo los de color verdes y azul de polietileno y polipropileno los MP más comunes (Fernández-Ojeda et al. 2021).

**Tabla 10. Peces y su estado en el medio marino y efectos**

Organismo	Posición en la cadena trófica	Características	Condiciones	Efectos	Referencia
<p>peces en el caladero de Zhoushan, frente al Mar de China Orienta</p>	<p>23 tipos de polímeros diferentes identificados destacando: tereftalato de polietileno (PET), (44.8 %), polietileno (PE) (16.0 %), PET, polipropileno (PP), poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), poliamida (PA) y acrílico.</p>	<p><i>Collichyhs niveatus</i>  <i>Pennahia macroephatlus</i>  <i>Polyfactylus sexatarius</i>  <i>Collichthys lucidus</i>  <i>Pannahia argentata</i>  <i>Johnius spp</i>  <i>Muraenesox cinereus</i>  <i>Cynoglossus robustus</i>  <i>Chrysochir aureus</i></p>	<p>formas de fibra, colores azules y compuestos de polímeros de poliéster</p>	<p>branquias (0.77 piezas/individuo)  gastrointestinal (0.52 artículos/individuo)</p>	<p>Zhang et al. (2019)</p>

<p>Se investigaron un total de 361 peces demersales y 131 pelágicos.</p>	<p>La cantidad de MP en lossistemas gastrointestinales vario fue bajo comparado a otros hallazgos, debido q ala dinamica del mar y a la disponibilidad de losMP en su habitat.</p>	<p><i>Terapon theraps</i>  <i>Upeneus vittatus</i>  <i>Eubleekeria splendens</i>  <i>Saurida undosquamis</i>  <i>Elates ransonnettii</i>  <i>Siganus canaliculatus</i></p>	<p>el polímero común fue la poliamida en peces demersales (55.17%) y pelágicos (50.00%), los colres rojo (31.03 %) para demersales y 28.57 % para pelágicos.</p>	<p>fibras microplásticas en peces demersales (82.76%) y en pelágicos (57.14%),</p>	<p>Klangnurak , et al. (2020)</p>
<p>Peces comerciales en el mar de Peru</p>	<p>Factores relevantes en esta acumulacion dependen del hábitat, el rol trófico y la profundidad en el medio marino</p>	<p><i>Ethmidium maculatum</i>  <i>Mugil cephalus</i></p>	<p>-</p>	<p>MP en el estómagos fue del 0.3 % con 09 fragmentos MP de 0.72 a 4.54 mm y un fragmento mesoplástico de 6.65 mm</p>	

## IV. CONCLUSIONES

**OE1.** Los diversos tipos de plástico que se transportan a las zonas costeras se degradan e ingresan al medio marino, e tal forma de las condiciones de mar, radiación, solar y clima, generan el material agrietándolo especialmente en las zonas más rígidas, llegando a formar grietas, esferas, formas alargadas, y fragmentos los cuales flotarán y otra parte se hunde en función de su densidad y adsorción con organismos vivos o muertos presentes en el medio, especialmente microscópicos. El micro plástico comúnmente presentes en el medio marino son el polietileno; el polipropileno y el poliestireno, causando efectos en los diversos organismos de la cadena trófica.

**OE2.** Los microplásticos pueden servir como sustratos para el crecimiento de algas y esto se podría deber a las biopelículas se forman a partir de la excreción de sustancias poliméricas extracelulares (EPS) de las microalgas, transportando a los MP la columna de agua, y demás organismos marinos. Los rotíferos sufren la reducción de la supervivencia y la reproducción para lo cual necesitan mayor tiempo de maduración por lo que su desarrollo corporal es limitado como consecuencia de la ingesta de MP. Mientras que los moluscos que poseen limitada locomoción filtran el material particulado de la columna de agua, ingresado los MP, de tal forma que es retenido en el organismo y lo translocan al sistema circulatorio, acumulando estos contaminantes, siendo el tiempo de retención en el aparato digestivo, que requiere horas para su evacuación por ser un material inocuo para su alimentación. El problema son los contaminantes orgánicos a veces de tipo persistente asociados no solo con la degradación de MP sino con la composición, adsorción del residuos y que se bioacumula y biomagnifica en la cadena trófica. Los peces, también ingieren estos residuos, no habiendo diferencia entre los pelágicos y demersales, lo cual causa problemas en el tracto digestivo como saciedad, obstrucción, inflamaciones, úlceras, etc. con impactos esperados en el balance energético.

## V. RECOMENDACIONES

- Se deben profundizar las pruebas eco toxicológicas que brinden mayor información sobre la biomagnificación de los contaminantes asociados a los MP y a su vez, incrementar las investigaciones sobre la extensión de los MP, sin embargo se debe tener especial cuidado especial cuidado para interpretar los peligros de los MP en función de la ingestión en los distintos organismos marinos.

## REFERENCIAS

1. ABREU A, Pedrotti ML. Microplastics in the Oceans: The Solutions Lie on Land. *Field Actions Science Reports*. (2019), 19(2), 62-67
2. BAGHERI Tahereh , Mohammad Gholizadeh, Safoura Abarghouei, Mohammad Zakeri, Aliakbar Hedayati, Mahnaz Rabaniha, Abasali Aghaeimoghadam, Mahmoud Hafezieh. Microplastics distribution, abundance and composition in sediment, fishes and benthic organisms of the Gorgan Bay, Caspian Sea. *Chemosphere*. (2020). 257, 127201.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127201>.
3. CAPILLO Gioele, Serena Savoca, Giuseppe Panarello, Monique Mancuso, Caterina Branca, Valentino Romano, Giovanna D'Angelo, Teresa Bottari, Nunziacarla Spanò. Quali-quantitative analysis of plastics and synthetic microfibers found in demersal species from Southern Tyrrhenian Sea (Central Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*. (2020). 50, 110596.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110596>.
4. CHIBUISI Gideon Alimba, Caterina Faggio. Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. (2019). 68, 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.03.001>.
5. CHOY CA, Robison BH, Gagne TO, Erwin B, Firl E, Halden RU, Hamilton JA, Katija K, Lisin SE, Rolsky C, et al. The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. *Scientific Reports*. (2019). 9:7843
6. CHUBARENKO Irina, Efimova Irina, Bagaeva Margarita, Bagaev Andrei, Isachenko Igor. On mechanical fragmentation of single-use plastics in the sea swash zone with different types of bottom sediments: Insights from laboratory experiments. *Marine Pollution Bulletin*. (2019). 150, 110826.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110726>
7. CINCINELLI Alessandra, Martellini Tania, Guerranti Cristiana, Scopetani Costanza, Chelazzi David, Giarrizzo Tommaso. A potpourri of microplastics in the sea surface and water column of the Mediterranean. *Sea. TrAC Trends in*

- Analytical Chemistry. (2019). 110, 321-326 .  
<https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.026>
8. COSSI, P.F., Ojeda, M., Chiesa, I.L. et al. First evidence of microplastics in the Marine Protected Area Namuncurá at Burdwood Bank, Argentina: a study on *Henricia obesa* and *Odontaster penicillatus* (Echinodermata: Asteroidea). (2021). *Polar Biol* 44, 2277–2287. <https://doi.org/10.1007/s00300-021-02959-5>
  9. COYLE, R., Hardiman, G., & Driscoll, K. O. Microplastics in the marine environment: A review of their sources, distribution processes and uptake into ecosystems. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, (2020). 100010. doi:10.1016/j.cscee.2020.100010
  10. DAI Z, Haibo Z, Zhou Q, Tian Y, Chen T, Tu C, Fu C, Luo Y. Occurrence of microplastics in the water column and sediment in an inland sea affected by intensive anthropogenic activities. *Environmental Pollution*. (2018). 242:1557-1565.
  11. DAMARIS Benny Daniel, P. Muhamed Ashraf, Saly N. Thomas. Abundance, characteristics and seasonal variation of microplastics in Indian white shrimps (*Fenneropenaeus indicus*) from coastal waters off Cochin, Kerala, India. *Science of The Total Environment*. (2020). 737, 139839. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139839>.
  12. DEOK-SEO Yoon, Yoseop Lee, Jun Chul Park, Min-Chul Lee, Jae-Seong Lee. Alleviation of tributyltin-induced toxicity by diet and microplastics in the marine rotifer *Brachionus koreanus*. *Journal of Hazardous Materials*. (2021). 402, 123739. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123739>.
  13. DHAWALE Pritam V., S. K. Vineeth, Ravindra V. Gadhave, Prakash A. Mahanwar. Department of Polymer and Surface Engineering, Institute of Chemical Technology, Mumbai, India.2021. Cellulose Stabilized Polyvinyl Acetate Emulsion: Review. *Open Journal of Organic Polymer Materials*, 11 (2). DOI: 10.4236/ojopm.2021.11200
  14. DING Ling, Ruo fan Mao, Xuetao Guo, Xiaomei Yang, Qian Zhang, Chen Yang. Microplastics in surface waters and sediments of the Wei River, in the northwest

- of China. *Science of The Total Environment*. (2019). 667, 427-434. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.332>.
15. EGBEOCHA Chidi Onyema, Sorayya Malek, Chijioke Uche Emenike, Pozi Milow. Feasting on microplastics: ingestion by and effects on marine organisms. *AQUATIC BIOLOGY Aquat Biol.* (2018). 27: 93–106. <https://doi.org/10.3354/ab00701>.
  16. EXPÓSITO, N., Rovira, J., Sierra, J., Folch, J., & Schuhmacher, M. Microplastics levels, size, morphology and composition in marine water, sediments and sand beaches. Case study of Tarragona coast (western Mediterranean). *Science of The Total Environment*, (2021). 786, 147453. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.147453
  17. FERNÁNDEZ-OJEDA César, Marcelo Costa Muniz, Renan Pereira Cardoso, Roberto Meigikos dos Anjos, Enrique Huaranga, Carmela Nakazaki, Aida Henostroza, Ostin Garcés-Ordóñez. Plastic debris and natural food in two commercially important fish species from the coast of Peru. *Marine Pollution Bulletin*. (2021). 173, Part A, 113039. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113039>
  18. FERREIRA Guilherme V.B. , Mário Barletta, André R.A. Lima. Use of estuarine resources by top predator fishes. How do ecological patterns affect rates of contamination by microplastics?. *Science of The Total Environment*. (2019). 655, 292-304. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.229>
  19. GASRATOVA N A , Zuev V S. On the design of deep-sea optical elements made of PMMA. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. (2020). 734, 012069. IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/734/1/012069
  20. GHATGE, S., Yang, Y., Ahn, JH. et al. Biodegradation of polyethylene: a brief review. *Appl Biol Chem*. (2020). 63, 27. <https://doi.org/10.1186/s13765-020-00511-3>.
  21. GOMIERO, A.; Strafella, P.; Pellini, G.; Salvalaggio, V.; Fabi, G. Comparative Effects of Ingested PVC Micro Particles With and Without Adsorbed Benzo(a)pyrene vs. Spiked Sediments on the Cellular and Sub Cellular

- Processes of the Benthic Organism *Hediste diversicolor*. *Front. Mar. Sci.* (2018).  
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2018.00099/full>
22. GONÇALVES Joanna M., Maria João Bebianno. Nanoplastics impact on marine biota: A review. *Environmental Pollution*. (2021). 273, 116426.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116426>.
  23. GOPALAKRISHNAN Kishore, Donna R. Kashian. Extracellular polymeric substances in green alga facilitate microplastic deposition. *Chemosphere*, (2022). 286 (3).131814. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131814>.
  24. GRAZIANO Antimo, Shaffiq Jaffer and Mohini Sain. Review on modification strategies of polyethylene/ polypropylene immiscible thermoplastic polymer blends for enhancing their mechanical behavior. *Journal of Elastomers & Plastics* (2019).51(4)291-336. <https://doi.org/10.1177/0095244318783806>
  25. GUZZETTI Eleonora, Antoni Sureda, Silvia Tejada, Caterina FaggioMicroplastic in marine organism: Environmental and toxicological effects. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. (2018). 64, 164-171,  
<https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.10.009>.
  26. HE Qian, Pucha Zhou, Jian Hao, Chunxiang Lu, and Yaodong Liu. Incorporation of Alkali Lignin in Polyacrylonitrile: Phase Separation, Coagulation, and Cyclization Kinetics. *ACS Omega*, (2019). 4, 11346–11353.  
<http://pubs.acs.org/journal/acsodf>
  27. HERNÁNDEZ Sampieri Roberto, Carlos Fernández Collado, María del Pilar Baptista Lucio *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. (2014).  
<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
  28. HOFFMANN Linn, Sarah Lena Eggers, Erika Allhusen, Christian Katlein, Ilka Peeken. Interactions between the ice algae *Fragillariopsis cylindrus* and microplastics in sea ice. *Environment International*. (2020). 139, 105697.  
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105697>.

29. IKA Paul-Pont, Kevin Tallec, Carmen Gonzalez-Fernandez, Christophe Lambert, Dorothée Vincent, David Mazurais, José-Luis Zambonino-Infante, Guillaume Brotons, Fabienne Lagarde, Caroline Fabioux, Philippe Soudant and Arnaud Huvet. Constraints and Priorities for Conducting Experimental Exposures of Marine Organisms to Microplastics . *Frontiers in Marine Science* (2018). 5:252. DOI=10.3389/fmars.2018.00252.
30. IÑIGUEZ María E., Conesa Juan A., Fullana Andrés. Recyclability of four types of plastics exposed to UV irradiation in a marine environment. *Waste Management*. (2018). 79, 339–345.  
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.006>
31. JEONG Jaeseong, Jinhee Choi Adverse outcome pathways potentially related to hazard identification of microplastics based on toxicity mechanisms. *Chemosphere*. (2019). 231, 249-255.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.003>.
32. JOANNA M. Gonçalves, Maria João Bebianno. Nanoplastics impact on marine biota: A review. *Environmental Pollution*. (/2021). 273, 116426.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116426>.
33. KARKANORACHAKI, K., Syranidou, E., & Kalogerakis, N. Sinking characteristic(2021). 793, 148526. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.148526
34. KLANGNURAK, W., Chunniyom, S. (2020). Screening for microplastics in marine fish of Thailand: the accumulation of microplastics in the gastrointestinal tract of different foraging preferences. *Environ Sci Pollut Res* 27, 27161–27168.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-09147-8>
35. LAN, R., Wei, Y., & Xue, R. Uptake of polystyrene microplastics by marine rotifers under different experimental conditions. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. (2021, March). 687 (1), p. 012071). IOP Publishing.
36. LAN Tao, Ting Wang, Feng Cao, Congcong Yu, Qiao Chu, Fenghe Wang. A comparative study on the adsorption behavior of pesticides by pristine and aged microplastics from agricultural polyethylene soil films. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. (2020). 209, 111781.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111781>.

37. LERMAN Max J., Josephine Lembong, Shin Muramoto, Greg Gillen, and John P. Fisher. The Evolution of Polystyrene as a Cell Culture Material. *TISSUE ENGINEERING: Part B* (2018). Volume 24, Number 5. DOI: 10.1089/ten.teb.2018.0056
38. LETCHER Trevor M. CHAPTER 1 Introduction to plastic waste and recycling in *Plastic Waste and Recycling. Environmental Impact, Societal Issues, Prevention, and Solutions*. (2020). 3-12. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817880-5.00001-3>
39. LIU Hao, Jianzhang Wang Pengfe Jiang, Fengyuan Yan. Hydrostatic pressure-dependent corrosion behaviour of polytetrafluoroethylene composites in the deep sea. *Corrosion Science*, (2018). 139, 289-300. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2018.05.016>
40. LÓPEZ Fernández Raúl , Raidell Avello Martínez, Diana Elisa Palmero Urquiza, Samuel Sánchez Gálvez, Moisés Quintana Álvarez. Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. (2019). 48 (2) Sup.. <http://www.revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/390/331>
41. MAO, Y.; Ai, H.; Chen, Y.; Zhang, Z.; Zeng, P.; Kang, L.; Li, W.; Gu, W.; He, Q.; Li, H. Phytoplankton response to polystyrene microplastics: Perspective from an entire growth period. *Chemosphere*. (2018). 208, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.05.170>.
42. MESSINETTI, S.; Mercurio, S.; Parolini, M.; Sugni, M.; Pennati, R. Effects of polystyrene microplastics on early stages of two marine invertebrates with different feeding strategies. *Environ. Pollut.* (2018). 237, 1080–1087. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.030>
43. MILLER, M. E., Hamann, M., & Kroon, F. J. Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: a review and meta-analysis of current data. *PLoS One*, (2020). 15(10), e0240792. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240792>
44. NAIDU S.A. (2019). Preliminary study and first evidence of presence of microplastics and colorants in green mussel, *Perna viridis* (Linnaeus, 1758), from

- southeast coast of India. *Marine Pollution Bulletin*. 140, 416-422. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.024>.
45. NAJI Abolfazl, Marzieh Nuri, A. Dick Vethaak. Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. *Environmental Pollution*. (2018). 235, 113-120. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.046>.
  46. ORONA-NÁVAR Carolina, Raul García-Morales, Frank J. Loge, Jürgen Mahlknecht, Iris Aguilar-Hernández, Nancy Ornelas-Soto. Microplastics in Latin America and the Caribbean: A review on current status and perspectives. *Journal of Environmental Management*. (2022). 309, 114698. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114698>
  47. PANDEY Prabhat and Meenu Mishra Pandey. Research methodology: tools and techniques. 1-18. <https://www.euacademic.org/BookUpload/9.pdf>
  48. PENG X, Chen M, Chen S, Dasgupta S, Xu H, Ta K, Du M, Li J, Guo Z, Bai S. Microplastics contaminate the deepest part of the world's ocean. *Geochemical Perspectives Letters*. (2018). 9, 1-5. doi: 10.7185/geochemlet.1829
  49. PLEE Tara A., Christopher M. Pomory. Microplastics in sandy environments in the Florida Keys and the panhandle of Florida, and the ingestion by sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea) and sand dollars (Echinodermata: Echinoidea). *Marine Pollution Bulletin*. (2020). 158, 111437. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111437>.
  50. POLIDORO Beth, Tiffany Lewis, Cassandra Clement. A screening-level human health risk assessment for microplastics and organic contaminants in near-shore marine environments in American Samoa. *Heliyon*. (2022). 8 (3). e09101. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09101>.
  51. REZANIA S, Park J, Din MFM, Taib SM, Talaiekhazanni A, Yadav KK, Kamyab H. Microplastics pollution in different aquatic environments and biota: A review of recent studies. *Marine Pollution Bulletin*. (2018). 133:191-208. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.022>
  52. RICHARDSON, Celia R., David J. Burritt, Bridie J.M. Allan, Miles D. Lamare. Microplastic ingestion induces asymmetry and oxidative stress in larvae of the sea

- urchin *Pseudechinus huttoni*. *Marine Pollution Bulletin*. (2021). 168. 112369. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112369>.
53. SCANES Elliot, Heather Wood, Pauline Ross. Microplastics detected in haemolymph of the Sydney rock oyster *Saccostrea glomerata*. *Marine Pollution Bulletin*. (2019). 149,110537. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110537>.
54. SEHONOVA Pavla, Zdenka Svobodova, Petra Dolezelova, Petra Vosmerova, Caterina Faggio. Effects of waterborne antidepressants on non-target animals living in the aquatic environment: A review. *Science of The Total Environment*. (2018). 631–632, 789-794. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.076>.
55. SUN Xuemei , Bijuan Chen, Qiufen Li, Nan Liu, Bin Xia, Lin Zhu, Keming Qu. Toxicities of polystyrene nano- and microplastics toward marine bacterium *Halomonas alkaliphila*. *Science of The Total Environment*. (2018). 642, 1378-1385. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.141>.
56. SUREDA Antoni, Javad Alizadeh, Seyed Fazel Nabavi, Ioana Berindan-Neagoe, Cosmin Andrei Cismaru, Philippe Jeandet, Marek J. Łos, Emilio Clementi, Seyed Mohammad Nabavi, Saeid Ghavami. Endoplasmic reticulum as a potential therapeutic target for covid-19 infection management? *European Journal of Pharmacology*. (2020). 882, 173288. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2020.173288>.
57. WANG Jiaqing, Qingli Dai Ruizhe Si Shuaicheng Guo. Mechanical, durability, and microstructural properties of macro synthetic polypropylene (PP) fiber-reinforced rubber concrete. *Journal of Cleaner Production*, (2019). 234, 1351-1364. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.272>
58. WANG Qian, Chunya Guan, Jie Han, Minwei Chai, Ruili Li. Microplastics in China Sea: Analysis, status, source, and fate. *Science of the Total Environment*. (2022). 803, 149887 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021>.
59. WANG Xiao, Liuqingqing Liu, Hao Zheng, Mingxin Wang, Yuanxin Fu, Xianxiang Luo, Fengmin Li, Zhenyu Wang. Polystyrene microplastics impaired the feeding and swimming behavior of mysid shrimp *Neomysis japonica*. *Marine Pollution Bulletin*. (2020). 150, 110660. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110660>.

60. YANG, H., Chen, G., & Wang, J. Microplastics in the Marine Environment: Sources, Fates, Impacts and Microbial Degradation. *Toxics*, (2021). 9(2), 41. doi:10.3390/toxics9020041
61. YU Yunjiang, Haibo Chen, Xin Hua, Yao Dang, Yajing Han, Ziling Yu, Xichao Chen, Ping Ding, Hui Li. Polystyrene microplastics (PS-MPs) toxicity induced oxidative stress and intestinal injury in nematode *Caenorhabditis elegans*. *Science of The Total Environment* (2020). 726, 138679. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138679>
62. YU, P.; Liu, Z.; Wu, D.; Chen, M.; Lv, W.; Zhao, Y. Accumulation of polystyrene microplastics in juvenile *Eriocheir sinensis* and oxidative stress effects in the liver. *Aquat. Toxicol.* 2018, 200, 28–36.
63. ZANTIS Laura J. , Emma L. Carroll, Sarah E. Nelms, Thijs Bosker. Marine mammals and microplastics: A systematic review and call for standardization. *Environmental Pollution*. (2021). 269, 116142. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116142>
64. ZHANG Feng, Xiaohui Wang, Jiayi Xu, Lixin Zhu, Guyu Peng, Pei Xu, Daoji Li. Food-web transfer of microplastics between wild caught fish and crustaceans in East China Sea. *Marine Pollution Bulletin*. (2019). 146, 173-182. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.061>.
65. ZHENG Xiaowei , Weizhen Zhang, Yuan Yuan, Yanyao Li, Xianglin Liu, Xiangrong Wang, Zhengqiu Fan. Growth inhibition, toxin production and oxidative stress caused by three microplastics in *Microcystis aeruginosa*, (2021).
66. ZHOU Qian , Haibo Zhang, Chuancheng Fu, Yang Zhou, Zhenfei Dai, Yuan Li, Chen Tu, Yongming Luo. The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea. *Geoderma*. (2018). 322, 201-208. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.02.015>.