



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

**LOS MICROPLÁSTICOS, UNA
AMENAZA PARA LOS
HUMEDALES MEDITERRÁNEOS Y
TROPICALES: PERSPECTIVAS Y
DESAFÍOS A ENFRENTAR**

Alumno/a: Mónica Andrea Fajardo Páramo

**Tutor/a: Juan Diego Gilbert Rus y Francisco José
Guerrero Ruiz**

**Dpto.: Departamento de Biología Animal, Biología
Vegetal y Ecología**

Febrero, 2024



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

**Máster Universitario en Análisis, Conservación y Restauración de
Componentes Físicos y Bióticos de los Hábitats**

Trabajo Fin de Máster

LOS MICROPLÁSTICOS, UNA AMENAZA PARA LOS HUMEDALES MEDITERRÁNEOS Y TROPICALES: PERSPECTIVAS Y DESAFÍOS A ENFRENTAR

Fdo.: _____

Mónica Andrea Fajardo Páramo

Fdo.: _____

Francisco José Guerrero Ruiz

Fdo.: _____

Juan Diego Gilbert Rus

Jaén, febrero, 2024

AGRADECIMIENTOS

Este TFM es el resultado de varios meses de trabajo y aprendizaje. Quiero expresar mi agradecimiento, a mis tutores, quienes me otorgaron el privilegio de poder compartir su inmenso saber a través de sus consejos y sus rigurosas correcciones; quiero agradecer a mis padres, hermanos, familiares y amigos por su amor incondicional, comprensión y aliento durante toda mi carrera académica; a mi Hijo Dylan, quien ha sido el motor que me ha impulsado a perseverar en este proyecto; y por supuesto a mi Leti, por ser parte de mi inspiración, tu memoria será una fuente eterna de fortaleza y motivación en cada paso que dé en mi carrera profesional y en la vida.

RESUMEN

Los humedales tropicales y mediterráneos son ecosistemas valiosos que desempeñan funciones cruciales en la salud del medio ambiente y el bienestar humano. A pesar de su importancia, estos ecosistemas son utilizados en muchos lugares como vertederos de plástico, lo cual puede tener consecuencias a largo plazo para la vida acuática y la calidad del agua, puesto que los humedales pueden actuar como reservorios de microplásticos debido a su capacidad para retener partículas y sedimentos. Es evidente que estos ecosistemas son a menudo poco estudiados dado que, de 381 artículos encontrados en dos bases de datos (Web of Science y Scopus) , solo 58 cumplieron con los criterios de inclusión y se observa que la falta de atención a la contaminación por microplásticos en estos entornos podría tener consecuencias negativas para la biodiversidad y la sostenibilidad de estos ecosistemas. Por ende, esta revisión resalta que el enfoque predominante para comprender la contaminación por microplásticos se centra en humedales estuarinos y artificiales. Además, señala que los sedimentos son la zona más estudiada, mientras que los peces son la biota más empleada para evaluar los efectos y problemas derivados de la presencia de estas partículas.

Finalmente, se destaca la importancia de crear conciencia y llevar a cabo investigaciones adicionales para implementar medidas eficaces de conservación y gestión. Se sugieren investigaciones específicas que permitan ampliar nuestro entendimiento y evaluar si la presencia de microplásticos representa una amenaza para los humedales tropicales y mediterráneos.

Palabras Clave: *Microplásticos, Humedal, Origen , Efectos , Biota.*

ABSTRACT

Tropical and Mediterranean wetlands are valuable ecosystems that play crucial roles in environmental health and human well-being. Despite their importance, these ecosystems are used in many places as plastic dumps, which can have long-term consequences for aquatic life and water quality, since wetlands can act as reservoirs of microplastics due to their capacity to retain particles and sediments. It is evident that these ecosystems are often little studied given that, of 381 articles found in two databases (Web of Science and Scopus), only 58 met the inclusion criteria and it is observed that the lack of attention to contamination by Microplastics in these environments could have negative consequences for the biodiversity and sustainability

of these ecosystems. Therefore, this review highlights that the predominant approach to understanding microplastic pollution focuses on estuarine and constructed wetlands. Furthermore, it points out that sediments are the most studied area, while fish are the biota most used to evaluate the effects and problems derived from the presence of these particles.

Finally, the importance of raising awareness and conducting additional research to implement effective conservation and management measures is highlighted. Specific research is suggested to expand our understanding and evaluate whether the presence of microplastics represents a threat to tropical and Mediterranean wetlands.

Keywords: *Microplastics, Wetland, Origin, Effects, Biota.*

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes	1
1.1.1	Definición de Humedal	2
1.1.2	Microplásticos	6
1.1.3	Problemas de los humedales por microplásticos	7
1.1.4	Orígenes y/o fuentes de los microplásticos	8
1.1.5	Composición de los microplásticos.....	9
1.1.6	Clasificación de los Microplásticos.....	10
1.1.7	Distribución de los microplásticos a escala mundial	12
1.2	Justificación.....	12
1.3	Hipótesis	13
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo General	13
2.2	Objetivos específicos.....	14
3	METODOLOGÍA	14
3.1	Preguntas de investigación	14
3.2	Descriptores.....	15
3.3	Elección de base de datos	15
3.4	Filtración de búsqueda.....	15
3.5	Selección de países o regiones	16
3.6	Propuestas de medidas de control	17
4	RESULTADOS.....	17
4.1	Búsqueda bibliográfica	17
4.1.1	Línea de tiempo de microplásticos	17
4.1.2	Línea de tiempo de microplásticos en humedales.....	18
4.1.3	Regiones de humedales investigados	19
4.1.4	Tipos de humedales estudiados.....	21
4.1.5	Zonas de investigación	22
4.1.6	Formas de microplásticos, y posibles fuentes de contaminación encontradas en los estudios.....	26
4.1.7	Biota estudiada.....	30
5	DISCUSIÓN	31
1.2.	Formulacion de propuestas para la gestión de los microplásticos en humedales.	33
6.	CONCLUSIONES	34
7.	REFERENCIAS.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de polímeros que componen los microplásticos, usos y formas de (modificado de Escobar Cartagena (2021)).....	9
Tabla 2. Combinación de operadores booleanos utilizados por cada base de datos....	15
Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión.	16
Tabla 4. Resumen de estudios realizados en humedales de regiones Tropicales.....	22
Tabla 5. Resumen de estudios realizados en humedales de regiones Mediterráneos.	25

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Humedal marino. Fuente: https://efeverde.com/humedales-costeros-aves-migratorias/	4
Figura 2. Humedal estuarino Doñana. Fuente: https://efeverde.com/humedales-de-donana/	5
Figura 3. Humedal lacustre del Chingaza, Bogotá- Colombia. Fuente: https://humedalesbogota.com/2018/01/25/humedales-ramsar-colombia/	5
Figura 4. Humedal riverense. Fuente: https://mma.gob.cl/paseo-ribereno-de-vallenar-es-declarado-humedal-urbano-el-primero-de-la-region/	5
Figura 5. Humedal palustre de la ciénaga de Santa Marta. Fuente: https://cienagagrande.minambiente.gov.co/	6
Figura 6. Humedal artificial. Fuente: https://ecotec.unam.mx/ecoteca/humedales-artificiales-2	6
Figura 7. Todo tipo de botes de plástico y basura se acumula en los carrizales del humedal de Padul- Granada. Fuente: https://www.elindependientedegranada.es/ciudadania/humedal-padul-joyas-medioambientales-granada-hecho-estercolero	8
Figura 8. Humedal de Soacha- Colombia. Fuente: https://periodismopublico.com/la-basura-invasio-a-tres-humedales-de-soacha	8
Figura 9. Clasificación de los microplásticos primarios y secundarios (tomado de Castañeta et al., 2020).....	11
Figura 10. Participación global de las principales regiones en la liberación de MP al medio ambiente (tomado de Boucher & Friot, 2017).	12
Figura 11. Diagrama de la búsqueda de datos bibliográficos sobre microplásticos en humedales.	17
Figura 12. Estudios realizados sobre microplásticos durante los últimos 10 años.....	18
Figura 13. Estudios realizados sobre microplásticos en humedales durante los últimos 10 años.....	18
Figura 14. Mapamundi con la representación de las regiones o países tropicales en donde se han realizado investigaciones sobre microplásticos en humedales. Fuente: https://mapamundiparaimprimir.com/continentes/	19
Figura 15. Mapamundi con la representación de las regiones o países mediterráneos en donde se han realizado investigaciones sobre microplásticos en humedales. Fuente: https://mapamundiparaimprimir.com/continentes/	20
Figura 16. Porcentajes de las publicaciones realizadas sobre microplásticos en humedales tropicales.....	20

Figura 17. Porcentajes de las publicaciones realizadas sobre microplásticos en humedales mediterráneos.....	21
Figura 18. Tipos de humedales estudiados en climas tropicales.....	21
Figura 19. Tipos de humedales estudiados de clima mediterráneo.....	22
Figura 20. Resumen de las zonas investigas en humedales Tropicales.....	26
Figura 21. Resumen de las zonas investigas en humedales Mediterráneos.	26
Figura 22. Formas de MP encontradas en las investigaciones de clima tropical según el tipo de humedal estudiado.	27
Figura 23. Formas de MP encontradas en las investigaciones de clima mediterráneo según el tipo de humedal estudiado.....	28
Figura 24. Formas de MP encontradas en las investigaciones de clima tropical según la zona estudiada.....	28
Figura 25. Formas de MP encontradas en las investigaciones de clima mediterráneo según la zona estudiada.	29
Figura 26 : Modelo conceptual de fuentes de generación de microplásticos en humedales Tropicales y Mediterráneos.....	29
Figura 27. Biota utilizada para evaluar la contaminación de los humedales de clima tropical.....	30
Figura 28. Biota utilizada para evaluar la contaminación de los humedales de clima mediterráneo.	31

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Actualmente, el plástico es uno de los materiales más usados en todo el planeta. Su versatilidad junto con su fuerza, ligereza, durabilidad, capacidad aislante y bajo precio han hecho que cada vez esté más presente en cualquier objeto que nos rodea. Prueba de ello, son sus cifras de producción, incrementándose durante los últimos 70 años, pasando de 1,7 millones de toneladas en 1950 hasta 367 millones de toneladas de producidas en la actualidad (Plastics Europe, 2021). Según Barboza et al (2019), el plástico representa entre el 60%-80% de toda la basura marina del mundo con una amplia tipología, encontrándose desde microesferas utilizadas en cosméticos, fibras textiles, pellets industriales, bolsas, botellas, juguetes, redes de pesca, boyas y fragmentos procedentes de la ruptura de todo tipo de plásticos.

Los plásticos y sus fragmentos se encuentran ampliamente distribuidos en el medio terrestre y pueden ser transportados a través de diversos medios (viento, escorrentía superficial) (Thompson et al., 2009). Estos fragmentos de plástico con un tamaño generalmente de 0,05-5 mm, pertenecen a la categoría de microplásticos (MP). Aparentemente los MP se encuentran en la mayoría de ecosistemas acuáticos, incluyendo océanos, costas, ríos, playas y humedales, aunque en diferentes proporciones en cada uno de estos (Ríos et al., 2018). Según Van Cauwenberghe et al. (2013), los microplásticos se han ido acumulando en el medio ambiente marino durante décadas detectándose tanto en la columna de agua como en sedimentos. Se sugiere que los sedimentos pueden actuar como fuente y sumidero de microplásticos y ejercer un rol importante en la regulación de la distribución de tal contaminante en ambientes marinos, donde la concentración de microplásticos presentes proporciona un parámetro indicativo del nivel de contaminación (Yao et al., 2019), además debido a su pequeño tamaño, estos fragmentos son incorporados con frecuencia en los organismos acuáticos. Como resultado, la infiltración generalizada de MP en el medio ambiente acuático representa una amenaza para las formas de vida existentes siendo una preocupación mundial (Sarma et al., 2022).

Recientemente se ha estudiado la presencia de MP en humedales Tropicales y Mediterráneos, tanto en su distribución, abundancia y acumulación en la columna de agua (De Faria et al., 2022), en sedimentos (Almeida et al., 2023) y biota (Su et al., 2019). Como ejemplo de ello, un estudio realizado en un humedal de la costa este de

Australia, donde se llevaron a cabo mediciones de concentraciones de microplásticos en la entrada y la salida en muestras de agua y sedimento de un humedal flotante de tratamiento de aguas residuales. Los resultados obtenidos mostraron un promedio de 0.9 ± 0.3 y 4.0 ± 2.4 partículas microplásticas/l en agua y 595 ± 120 y 320 ± 42 partículas 8 microplásticas/kg de sedimento (Ziajahromi et al., 2020). Los humedales se caracterizan por tener condiciones hidrodinámicas alternas, sedimentos ricos en nutrientes (Karstens et al., 2015), plantas acuáticas y una alta biodiversidad (Langan et al., 2018). Estos factores crean condiciones favorables para el enriquecimiento y la transmisión de MP y reflejan la singularidad de estos ecosistemas diferentes de otros hábitats (Pozzobom et al., 2020, como se citó en Qian et al., 2021). Se están perdiendo humedales a un ritmo alarmante, y se ha perdido un 87 % desde el año 1700 y un 35 % desde 1970. Debido a esta pérdida, 4.875 especies que dependen de los humedales han sido catalogadas como especies en peligro de extinción (Convención sobre los Humedales, 2023). Sin embargo, la contaminación por microplásticos en los humedales está menos estudiada que en otros ecosistemas acuáticos (Dalvand & Hamidian, 2023).

En este contexto, este trabajo constituye una revisión que pretende documentar y describir aspectos generales de los microplásticos y las problemáticas ambientales globales asociadas a ellos en ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, se expone por qué los microplásticos pueden ser considerados una amenaza para los humedales mediterráneos y tropicales, se establecen desafíos y se proponen temas de investigación para mitigar esta problemática ambiental.

1.1.1 Definición de Humedal

La definición internacional de la Convención de Ramsar los define como *“extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas, natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros”* Adicionalmente los humedales podrán incluir sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal “ (Ramsar, 2013).

Asimismo, la definición de la Directiva Marco del Agua, *“todas las aguas quietas o corrientes en la superficie del suelo y todas las aguas subterráneas situadas hacia tierra desde la línea que sirve de base para medir la anchura de las aguas territoriales”* (Ministerio de Medio Ambiente, 2003).

El Plan Andaluz de Humedales (2004), los define como *“es un ecosistema o unidad funcional de carácter predominantemente acuático, que, no siendo un río, ni un lago ni el medio marino, constituye, en el espacio y en el tiempo, una anomalía hídrica positiva respecto a un entorno más seco. La confluencia jerárquica de factores climáticos e hidrogeomorfológicos, hace que se generen condiciones recurrentes de inundación con aguas someras, permanentes, estacionales o erráticas y/o condiciones de saturación cerca o en la superficie del terreno por la presencia de aguas subterráneas, lo suficientemente importantes como para afectar a los procesos biogeofísicoquímicos del área en cuestión”*.

La definición operativa de humedal adoptada en el marco del proyecto Fondo Adaptación - Instituto Humboldt (Colombia): *Tipo de ecosistema que debido a condiciones geomorfológicas e hidrológicas permite la acumulación de agua (temporal o permanente) y que da lugar a un tipo característico de suelo y/o a organismos adaptados a estas condiciones”*.

1.1.1.1 Características de los humedales mediterráneos y tropicales

Los humedales mediterráneos, las peculiaridades del clima mediterráneo, como su variabilidad, especialmente en la distribución temporal de las precipitaciones, son determinantes a la hora de entender su funcionamiento ecológico (Durán et al., 2004, como se citó en Viñals et al., 2011). La región mediterránea es un “hot spot” de biodiversidad a escala mundial, en la que los humedales sustentan más de un tercio de las especies encontradas. Los humedales también ofrecen agua, alimentos, salud y oportunidades económicas. Sin embargo, desde 1992 la región ha experimentado una pérdida del 52 % y el 28 % de su biodiversidad marina y de agua dulce, respectivamente, y el 36 % de sus especies dependientes de los humedales están amenazadas a escala mundial. El resultado es que la pérdida de humedales mediterráneos desde 1970 (un 48 %) es mayor que en los tres continentes circundantes (Convención de Ramsar sobre los Humedales, 2018).

Los humedales tropicales se destacan por su alta productividad, la cual se debe a la intensa radiación solar y altas temperaturas que prevalecen a lo largo del año. Entre estos humedales, aquellos que experimentan pulsos hidrológicos estacionales y aquellos por los cuales fluye el agua muestran niveles aún más altos de productividad en comparación con los humedales de aguas estancadas. Esto se debe a que el flujo

de agua que entra aporta nutrientes y oxígeno. Lamentablemente, las tendencias poblacionales de las especies que se asocian a humedales tropicales muestran los mayores riesgos a nivel mundial. Entre las plantas, 36% de los lycopodios y helechos dependientes de humedales están amenazados, 17% de los mangles, 16% de los pastos marinos y 17% de las plantas vasculares de agua dulce. Entre los animales, están amenazados el 100% de las tortugas marinas, 35% de los anfibios, 40% de los reptiles de agua dulce, 29% de los peces de agua dulce, 62% de las especies de peces, mamíferos y reptiles de más de 30 kg, 18% de las aves acuáticas, 37% de los moluscos no marinos, y 32% de los cangrejos de río y de camarones de agua dulce. Entre los insectos, 8% las libélulas están amenazadas (Tárano Miranda, 2022).

1.1.1.2 Tipo de humedales

En general, se reconocen cinco tipos de humedales principales: marinos (Fig. 1), (humedales costeros, inclusive lagunas costeras, costas rocosas y arrecifes de coral), estuarinos (Fig. 2) (incluidos deltas, marismas de marea y manglares); lacustres (Fig. 3) (humedales asociados con lagos); ribereños (Fig. 4), (humedales adyacentes a ríos y arroyos) y palustres (Fig. 5), (es decir, “pantanosos” marismas, pantanos y ciénagas) (Convenio Ramsar, 1971). Además, hay humedales artificiales (Fig. 6), como estanques de cría de peces y camarones, estanques de granjas, tierras agrícolas de regadío, depresiones inundadas salinas, embalses, estanques de grava, piletas de aguas residuales y canales.



Figura 1. Humedal marino. Fuente: <https://efeverde.com/humedales-costeros-aves-migratorias/>



Figura 2. Humedal estuarino Doñana. Fuente: <https://efeverde.com/humedales-de-donana/>



Figura 3. Humedal lacrute del Chingaza, Bogotá- Colombia. Fuente: <https://humedalesbogota.com/2018/01/25/humedales-ramsar-colombia/>



Figura 4. Humedal riverero. Fuente: <https://mma.gob.cl/paseo-ribereno-de-vallenar-es-declarado-humedal-urbano-el-primero-de-la-region/>



Figura 5. Humedal palustre de la ciénaga de Santa Marta. Fuente: <https://cienagagrande.minambiente.gov.co/>



Figura 6. Humedal artificial. Fuente: <https://ecotec.unam.mx/ecoteca/humedales-artificiales-2>

1.1.2 Microplásticos

Los primeros datos sobre abundancia de estas pequeñas partículas plásticas fueron aportados por (Carpenter & Smith, 1972). El término de microplástico se utilizó por primera vez en año 2004 para describir pequeños fragmentos de plástico (< 5 mm; Fig. 3) presentes en las columnas de agua y sedimentos marinos del mar mediterráneo (Thompson et al., 2004). Hay varias características que permiten identificar y clasificar a una partícula como microplástico, las partículas de microplásticos son heterogéneas y varían en tamaño, forma, color y tipo de polímero; estas características proporcionan información acerca del origen y su comportamiento dentro de un medio ambiente

(Cinfuentes Montt & Begambre Conzález, 2023). De acuerdo con Leslie (2014), las características generales de un microplásticos deben de ser las siguientes:

- Son materiales sintéticos con alto contenido de polímeros
- Son partículas sólidas
- Tienen un tamaño inferior a 5 mm
- Son insolubles en agua
- No son degradables

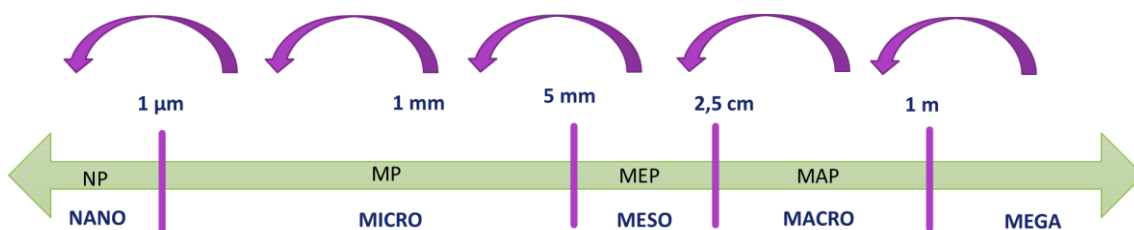


Figura 3. Escala de tamaños actualmente aceptada para los plásticos y sus productos de degradación física Fuente: Castañeta et al. (2020)

1.1.3 Problemas de los humedales por microplásticos

Los humedales se ven gravemente afectados por la contaminación por plástico. Estos ecosistemas se consideran a menudo vertederos que se utilizan para depositar basura y residuos (Figs. 7 y 8). Incluso, en una revisión realizada por Dalvand & Hamidian (2023), indica que los ecosistemas de humedales con condiciones ecológicas e hidrológicas especiales son propensos a la contaminación por MP. Los sedimentos de los humedales actúan como sumideros de partículas de MP, y el agua de los humedales (especialmente en las zonas costeras) puede ser una fuente importante de MP para mar abierto. La mayoría de los estudios sobre la contaminación por MP en humedales se realizan sobre la presencia y abundancia de estas partículas en la biota. Los estudios sobre MP en agua y sedimentos de sistemas de humedales son insuficientes. Debido a la falta de un método estándar específico para determinar los niveles de contaminación de MP, no se puede determinar el grado de contaminación. Sin embargo, en algunas zonas de humedales, Especialmente aquellos adyacentes a industrias y regiones urbanas densamente pobladas o aquellos que reciben ríos de agua dulce, se han reportado altas concentraciones de MP.



Figura 7. Todo tipo de botes de plástico y basura se acumula en los carrizales del humedal de Padul- Granada. Fuente: <https://www.elindependientedegranada.es/ciudadania/humedal-padul-joyas-medioambientales-granada-hecho-estercolero>



Figura 8. Humedal de Soacha- Colombia. Fuente: <https://periodismopublico.com/la-basura-invasio-a-tres-humedales-de-soacha>

1.1.4 Orígenes y/o fuentes de los microplásticos

La principal fuente de contaminación por microplásticos tiene un origen urbano y suburbano, que gradualmente por escorrentía superficial termina en ríos, lagos, mares y océanos (Hurley et al., 2018).

Para Laskar & Kumar (2019), algunas de las otras fuentes de microplásticos son:

1. Arena de plástico
2. Del lavado de ropa sintética
3. Cosméticos

4. Pasta de dientes
5. Embarcaciones abandonadas y abandonadas
6. Cauchos y neumáticos para automóviles .
7. Agentes limpiadores en artículos de tocador.

1.1.5 Composición de los microplásticos

Los polímeros (Tabla 1) que componen los MP son los mismos que componen los plásticos. Aunque en la industria los términos polímero y plástico se utilizan indistintamente, estrictamente hablando solo los polímeros que se pueden fundir por un aumento de temperatura son llamados plásticos (Manrique, 2022).

Tabla 1. Tipos de polímeros que componen los microplásticos, usos y formas de (modificado de Escobar Cartagena (2021)).

Símbolo	Descripción	Usos	Formas microplásticos
PET	Polietileno Tereftalato	- Botellas de agua mineral - Botellas de refresco - Bolsas - Bandejas de comida - Fibra para ropas	Fragmento Fibras Laminas Perlas Espuma
HDPE	Polietileno de alta densidad	- Botellas de detergentes y lejías - Botellas de leche - Juguetes - Muebles de jardín - Contenedores para abono	
PVC	Policloruro de vinilo	- Tarjetas de crédito - Ventanas y canalones - Tuberías - Revestimiento de cables	
LDPE	Polietileno de baja densidad	- Bolsas de basura - Plástico para embalajes - Tapas de botellas - Botellas más flexibles - Tubos para riego	
PP	Polipropileno	- Tapas de botellas	

Símbolo	Descripción	Usos	Formas microplásticos
		- Envases de yogurt - Bolsas de patatas fritas - Pajitas - Tupperes	
PS	Poliestireno	- Vasos desechables - Cubiertos desechables - Hueveras - Discos - Perchas	
OTROS	Poliamina	- Nilón	
	Poliuretano	- Policarbonato	
	Poliéster	- Mezclas de múltiples materiales con polímeros	

1.1.6 Clasificación de los Microplásticos.

En el medio acuático, los MP se pueden clasificar en dos tipos, microplásticos primarios y secundarios (Fig. 9), que representan los tamaños fabricados originalmente de los productos poliméricos y el plástico fragmentado en tamaños más pequeños, respectivamente (Cole et al., 2011).

1.1.6.1 Microplásticos primarios

Son aquellos que son fabricados con un propósito y se liberan directamente al medio ambiente en forma de pequeñas partículas. Entre ellos, destacan las microesferas (< 500 µm) contenidos regularmente en productos de cosmética, las mezclas utilizadas para el arenado/granallado y los microplásticos empleados como vectores de medicamentos. Este tipo de partículas plásticas son consideradas como un grave problema ambiental al ingresar a la red de alcantarillado tras su uso, burlando los sistemas de saneamiento y desembocando en ríos, lagos y océanos (Begambre González & Cifuentes Montt, 2023).

Según DKV Instituto de la Vida Saludable (2019), se estima que los microplásticos primarios representan:

- Entre el 15 % y el 31 % de los microplásticos en los océanos
- El 35 % proviene del lavado de ropa sintética
- El 28 % tiene su origen en la abrasión de los neumáticos en la conducción
- El 2 % son microplásticos agregados intencionadamente en productos de cuidado personal y limpieza.

1.1.6.2 Microplásticos secundarios

Los microplásticos secundarios incluyen todas las partículas microplásticas que se forman en el medio ambiente como resultado de la lenta descomposición de grandes piezas de plástico. Esto puede suceder a través de todo tipo de influencias externas, por ejemplo, a través de la influencia de los rayos UV, las bacterias o la fricción (Degradación Fotolítica, Biológica y Mecánica) y resultan en elementos altamente contaminantes y dañinos para la salud ambiental y humana (Castañeta et al., 2020).

Por su parte, DKV Instituto de la Vida Saludable (2019), menciona que los microplásticos secundarios representan entre el 69 % y el 81 % de microplásticos que se encuentran en los océanos, que se originan a partir de la degradación de grandes objetos de plástico, como bolsas de plásticos, botellas o redes de pesca.

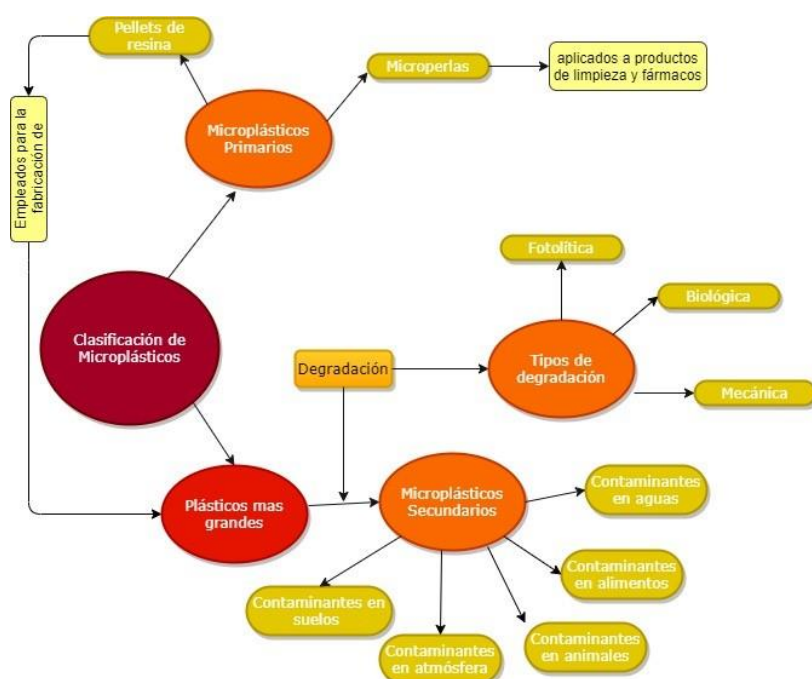


Figura 9. Clasificación de los microplásticos primarios y secundarios (tomado de Castañeta et al., 2020).

1.1.7 Distribución de los microplásticos a escala mundial

A nivel mundial, China produce la mayor cantidad de MP, lo que contribuye con aproximadamente el 26% de la liberación mundial, incluidas las partículas primarias y secundarias (Fig.10), la liberación promedio de $1,5 \times 10^6$ toneladas de plásticos al año corresponden a una liberación de 210 g por persona, lo que además corresponde a 43 bolsas de plástico livianas desechadas en el medio ambiente por persona, o aproximadamente una por semana (Boucher & Friot, 2017, citado en Szymańska & Obolewski, 2020).

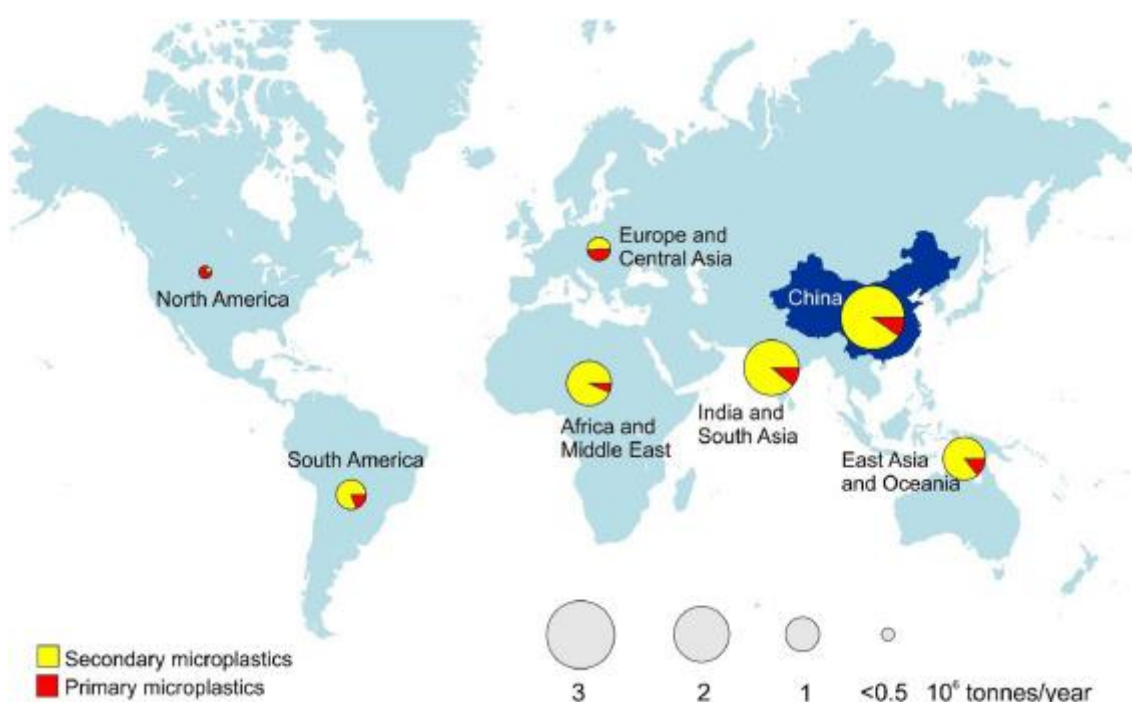


Figura 10. Participación global de las principales regiones en la liberación de MP al medio ambiente (tomado de Boucher & Friot, 2017).

1.2 Justificación

Los humedales, al actuar como zonas de transición entre ambientes terrestres y acuáticos y al poseer poca profundidad, están particularmente expuestos a la contaminación de microplásticos, lo que los convierte en puntos de acumulación de contaminantes transportados por el agua. Por lo tanto, los humedales son reconocidos como un "sumidero" esencial de MP, pero también una "fuente" de MP en el entorno acuático natural (Zhong et al., 2023).

La biodiversidad y el funcionamiento ecológico de los humedales también los hacen susceptibles a los efectos negativos de la contaminación por microplásticos. Muchas especies de plantas, invertebrados y aves dependen de estos ecosistemas para su supervivencia y reproducción. Según Gómez et al. (2019), la ingestión accidental de microplásticos por parte de la fauna acuática puede tener consecuencias letales y afectar la cadena alimentaria en todo el ecosistema.

En este sentido, es crucial comprender cómo los microplásticos contaminan los humedales, cómo interactúan con los organismos y cómo afectan la salud de estos ecosistemas. Abordar esta problemática requiere no solo de investigación científica para cuantificar la magnitud de la contaminación, sino también de la implementación de medidas de gestión adecuadas y la promoción de prácticas sostenibles en la producción y el manejo de plásticos para reducir la liberación de microplásticos en el medio ambiente.

Por consiguiente, la divulgación de los impactos de los microplásticos en los humedales puede aumentar la conciencia pública sobre este problema y fomentar cambios de comportamiento en la sociedad. Al destacar los desafíos a enfrentar y las posibles soluciones, este trabajo pretende contribuir a la sensibilización y a promover la adopción de medidas individuales y colectivas para reducir la contaminación por microplásticos en los humedales mediterráneos y tropicales.

1.3 Hipótesis

Los humedales mediterráneos y tropicales enfrentan amenazas significativas debido a la presencia de microplásticos, los cuales, a través de diversas fuentes, pueden afectar la biodiversidad y el funcionamiento de estos ecosistemas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Documentar y describir las amenazas de los Microplásticos en los Humedales Mediterráneos y Tropicales, Identificando Perspectivas y desafíos a enfrentar.

2.2 Objetivos específicos

- Definir a los microplásticos como una amenaza para los humedales mediterráneos y tropicales.
- Diseñar un modelo conceptual de posibles fuentes de contaminación por microplásticos en los humedales mediterráneos y tropicales.
- Determinar las problemáticas relacionadas con la ingesta de microplásticos por la fauna.
- Proponer estudios y perspectivas de investigación.

3 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo esta investigación, se realizó una revisión de la literatura científica disponible en diversas fuentes de investigación científica. Inicialmente, se recopilaron un total de 381 artículos que cumplieran con los criterios de selección previamente definidos. A continuación, se describen los pasos específicos que se siguieron en el proceso de selección de la información (Fig. 11).

3.1 Preguntas de investigación

El primer paso consistió en formular las preguntas, lo cual proporcionó una mayor claridad sobre el estado de las investigaciones llevadas a cabo.

- ¿Cómo han evolucionado las investigaciones de los microplásticos a nivel global?
- ¿Cuántas investigaciones se han realizado en humedales?
- ¿Cuántas investigaciones son en humedales mediterráneos y cuántas en humedales tropicales?
- ¿Cuáles son las fuentes de generación de los microplásticos en los humedales mediterráneos y tropicales?
- ¿Qué tipo de fauna se ha investigado en los humedales mediterráneos y tropicales?

- ¿Qué propuestas de estudios e investigaciones se puede formular para la gestión y el conocimiento de la contaminación de los humedales por microplásticos?

3.2 Descriptores

Las palabras claves utilizadas en la búsqueda fueron las siguientes:

- Microplásticos: "microplastic"
- Fuentes: "origin"
- Humedales: "Wetland"
- efectos: "effects"
- biota

3.3 Elección de base de datos

Se utilizó las bases de datos populares para investigaciones científicas incluye Web of Science y Scopus.

Tabla 2. Combinación de operadores booleanos utilizados por cada base de datos.

Base de datos	Web of Science,	Scopus,
Combinación de operadores booleanos utilizados	microplastic	microplastic
	microplastic + wetland	microplastic and wetland
	microplastic + wetland AND origin	microplastic and wetland and origin
	microplastic + wetland AND effects	microplastic and wetland and effects
	microplastic + wetland AND biota	microplastic and wetland and biota

3.4 Filtración de búsqueda

Para la revisión sistemática fue necesario tener claro los criterios de inclusión y exclusión, se desarrollaron cuatro búsquedas, información existente en humedales, fuentes de generación, biota estudiada y los posibles efectos.

Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión.

Ítem	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Humedales Fuentes Biota Efectos	Artículos científicos publicados en inglés y español en el periodo de los últimos 10 años.	Artículos científicos duplicados.
	Artículos científicos publicados en inglés y español que el estudio se haya realizado en humedales de regiones tropicales y mediterráneas	Artículos científicos publicados en inglés y español que el estudio no se haya realizado en humedales de regiones tropicales y mediterráneas
	Artículos científicos publicados en inglés y español que en la investigación se evalué si los humedales están contaminados por los MP.	Artículos científicos publicados en inglés y español que en la investigación se agreguen MP para evaluar la contaminación en humedales.
	Artículos científicos publicados en inglés y español que en la investigación se estudie si la biota de los humedales está contaminada por MP y sus efectos.	Artículos científicos publicados en inglés y español que en la investigación se agreguen MP para evaluar los efectos en la biota.

3.5 Selección de países o regiones

Se llevó a cabo un análisis y una clasificación de las regiones que fueron objeto de estudio. Este proceso implicó la necesidad de determinar la cantidad de investigaciones realizadas en climas tropicales y mediterráneos, con el fin de identificar las áreas geográficas donde se han centrado las investigaciones sobre microplásticos. Además, se examinó el origen de los microplásticos, se investigó la fauna estudiada en dichas regiones y se evaluaron los efectos documentados en el entorno.



Figura 11. Diafragma de la búsqueda de datos bibliográficos sobre microplásticos en humedales.

3.6 Propuestas de medidas de control

Basándonos en la información recopilada y analizada, se estarán en condiciones de proponer recomendaciones y estrategias de control para la gestión de los humedales en climas mediterráneos y tropicales en relación a la contaminación por microplásticos. Además, se identificarán acciones específicas y áreas de investigación que puedan contribuir a prevenir y reducir la presencia de microplásticos en el ecosistema estudiado.

4 RESULTADOS

4.1 Búsqueda bibliográfica

4.1.1 Línea de tiempo de microplásticos

El interés y la investigación en torno a los microplásticos y sus impactos ha experimentado un crecimiento exponencial anual. Datos recopilados durante una década de los sitios web científicos más reconocidos, como Web of Science y Scopus, subrayan la relevancia de este contaminante emergente a nivel global. En el año 2013 se publicaron 47 y 43 artículos en las bases Web of Science y Scopus, respectivamente y estos valores fueron incrementando con los años hasta el 2023 donde hubo 10792 y 13632 publicaciones (Fig. 12).

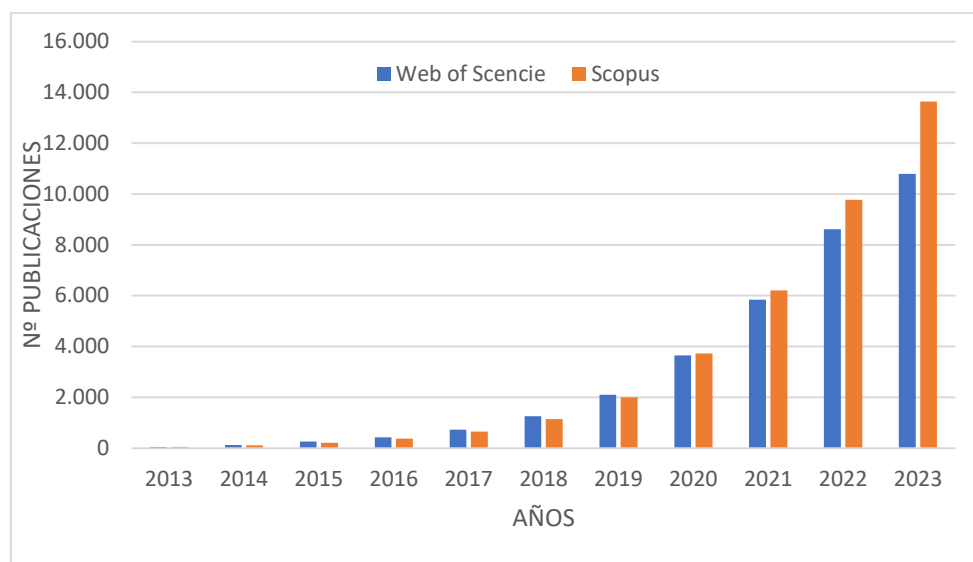


Figura 12. Estudios realizados sobre micoplásticos durante los utlimos 10 años.

4.1.2 Línea de tiempo de micoplásticos en humedales

Es evidente que el interés en los efectos de los micoplásticos en los humedales está en constante crecimiento, como se puede apreciar en la (Fig. 13). Al realizar la búsqueda con el término 'microplastic AND wetland', se obtuvieron un total de 196 resultados en Web of Science y 229 en Scopus. Es interesante notar que, en el año 2013, ambas bases de datos no reportan investigaciones relacionadas. Sin embargo, a partir del año 2016, se observa un incremento significativo en el interés por estos ecosistemas.

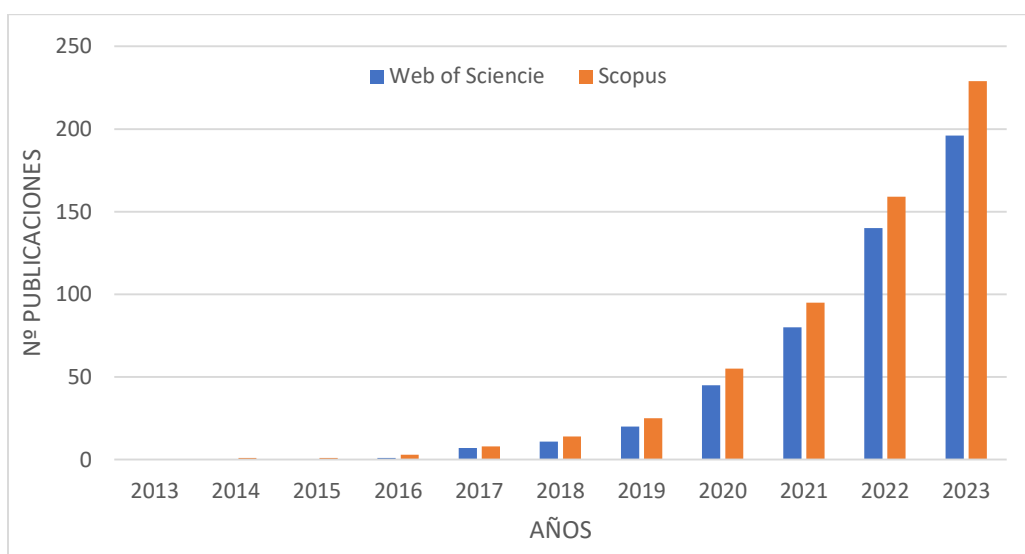


Figura 13. Estudios realizados sobre micoplásticos en humedades durante los ultimos 10 años.

A pesar de la cantidad limitada de estudios en este momento, el aumento en el interés podría ser una señal de que la comunidad científica está reconociendo gradualmente la importancia de investigar los efectos de los microplásticos en los humedales. A medida que se acumule más evidencia de los impactos negativos, es posible que veamos un aumento en la investigación y la conciencia en esta área en el futuro.

4.1.3 Regiones de humedales investigados

Continuando con los criterios de exclusión e inclusión, se analizaron 381 artículos de los cuales 268 se realizaron en los climas tropicales (Fig. 13) y 113 los climas mediterráneos. (Fig. 14).

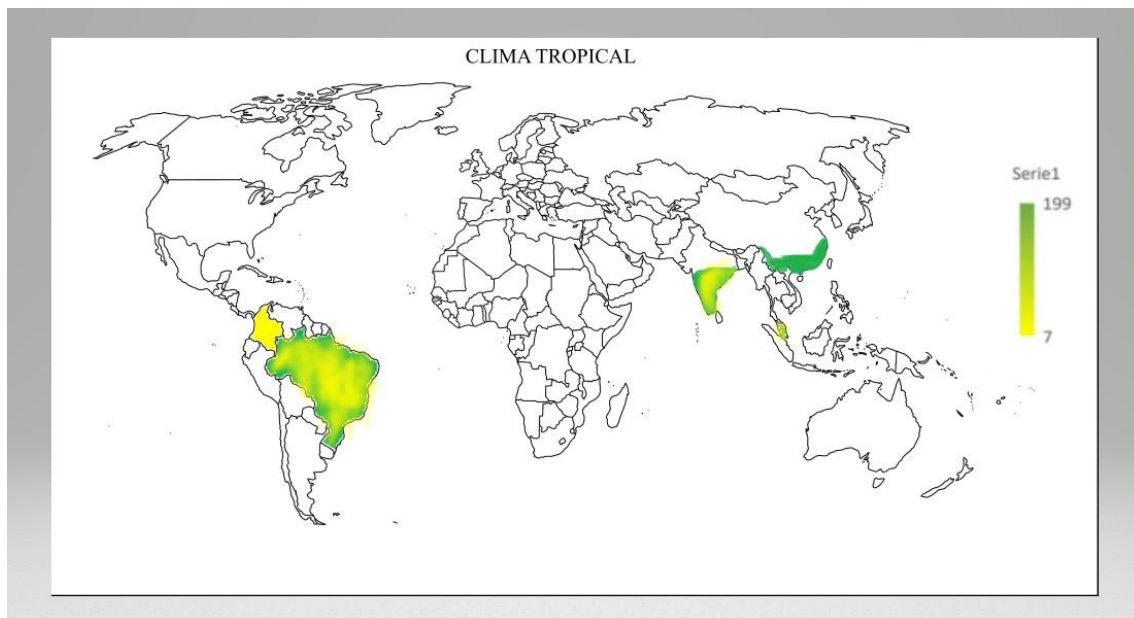


Figura 14. Mapamundi con la representación de las regiones o países tropicales en donde se han realizado investigaciones sobre microplásticos en humedales. Fuente: <https://mapamundipara imprimir.com/continentes/>.

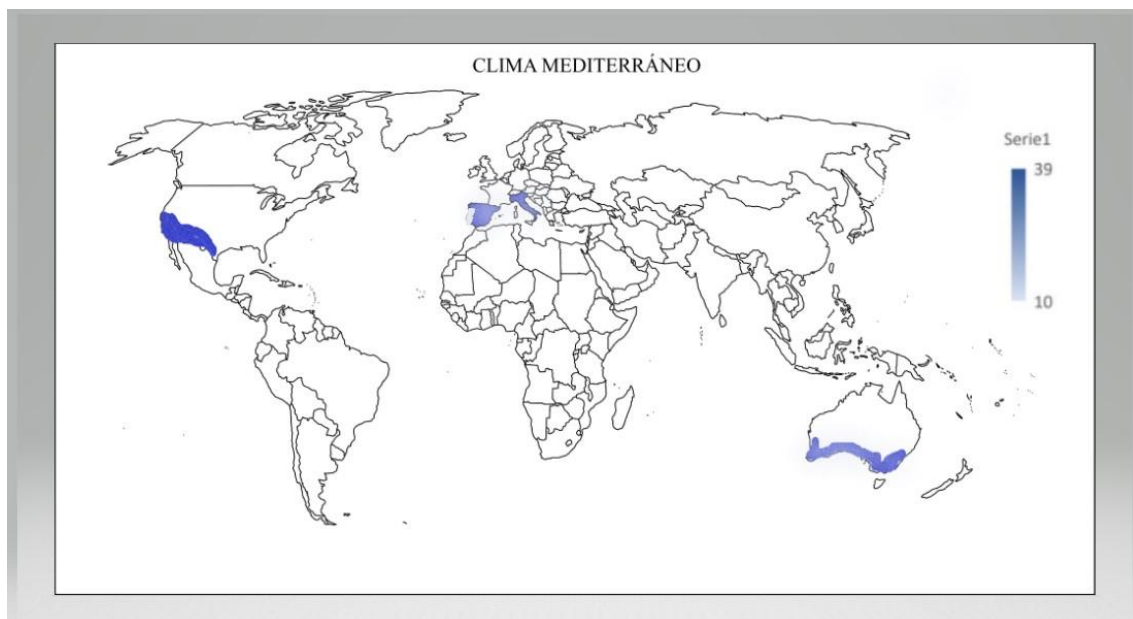


Figura 15. Mapamundi con la representación de las regiones o países mediterráneos en donde se han realizado investigaciones sobre microplásticos en humedales. Fuente: <https://mapamundipara imprimir.com/continentes/>.

En cuanto a la localización geográfica, la mayoría de los estudios (74%) centrados en regiones tropicales (Fig. 16) se concentran en China (n=199). En cambio, en las regiones mediterráneas (Fig. 17), la mayoría de los estudios (35%) se centran en Estados Unidos (n=39).

Por otro lado, Colombia tiene una proporción baja de estudios en regiones tropicales (3%, n=7), y Italia tiene una proporción similarmente baja en regiones mediterráneas (9%, n=10).

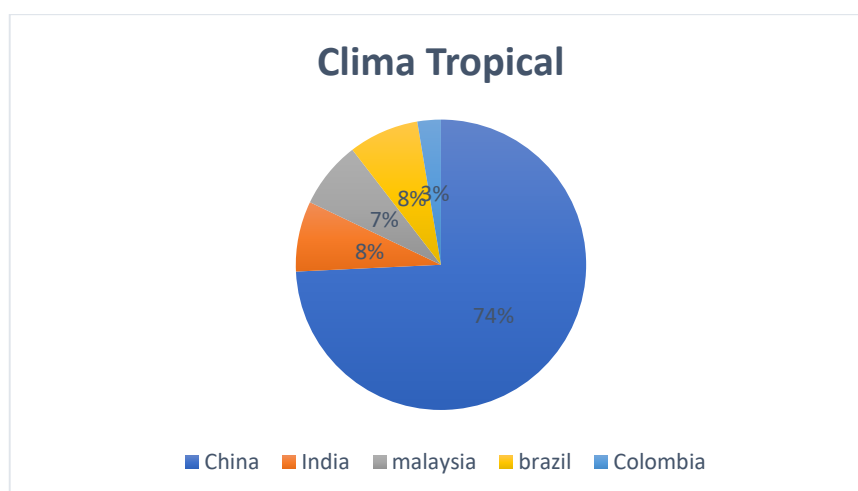


Figura 16. Porcentajes de las publicaciones realizadas sobre microplásticos en humedales tropicales

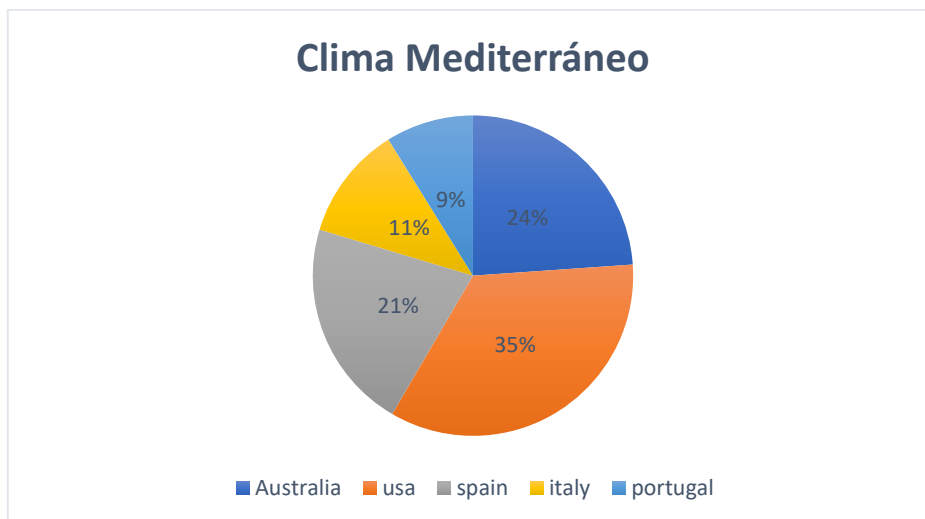


Figura 17. Porcentajes de las publicaciones realizadas sobre microplásticos en humedales mediterráneos.

4.1.4 Tipos de humedales estudiados

Los datos obtenidos de la revisión (Tablas 4 y 5), reflejan que el tipo de humedal más estudiado para evaluar la contaminación y los efectos de los microplásticos en estos ecosistemas de climas tropicales son los humedales estuarinos con un 51% (n=22) y los menos estudiados son los humedales lacustres con un 5% (n=2).

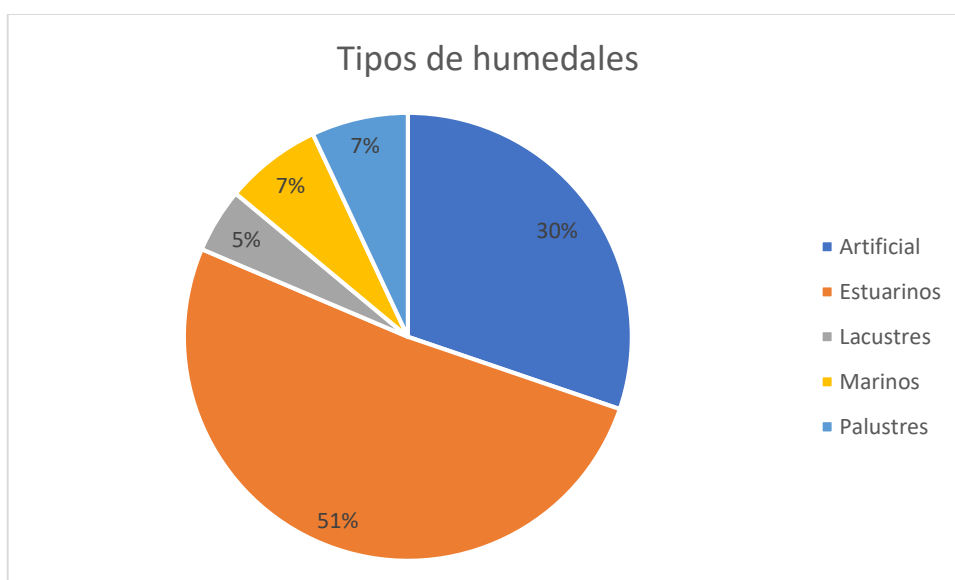


Figura 18. Tipos de humedales estudiados en climas tropicales.

En climas mediterráneos los humedales más estudiados son los artificiales con un 60% y los menos estudiados son los marinos con un 7%.

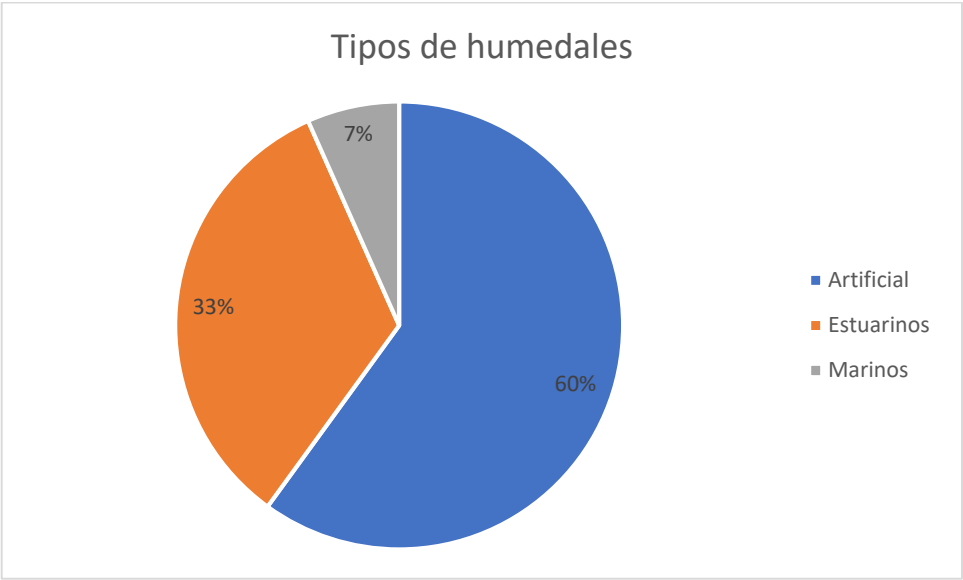


Figura 19. Tipos de humedales estudiados de clima mediterráneo.

4.1.5 Zonas de investigación

Una vez analizados los 381 artículos, fue necesario una revisión exhaustiva teniendo en cuenta los criterios de exclusión e inclusión (Tabla 3) por lo tanto, solo 58 artículos cumplieron con los criterios, de los cuales 43 fueron investigaciones en regiones tropicales (Tabla 4) y 15 en regiones Mediterráneas (Tabla 5).

Tabla 4. Resumen de estudios realizados en humedales de regiones Tropicales.

Región	Tipo de Humedal	Tipo de MP	Formas del MP	Zona Investigada	Organismos	Autores
Malasia	Estuarinos	OTROS	Fragmentos, fibras	Biota	Cangrejos	(Nur et al., 2023)
China	Artificial	PET	Fibras	Agua y Sedimentos		(Le et al., 2023)
China	Estuarinos	PE, PET Y OTROS	Fibras	Sedimentos		(Geng et al. , 2023)
Malasia	Estuarinos		Fragmentos, fibra	Biota	Cangrejos	(Nur et al., 2023)
China	Artificial		Fragmento, fibra, película y espuma	Agua y Sedimentos	Bacterias	(Yu et al., 2023)

Región	Tipo de Humedal	Tipo de MP	Formas del MP	Zona Investigada	Organismos	Autores
Colombia	Artificial	PE	Fibras	Agua y Biota	Peces	(Miranda et al., 2023)
India	Estuarinos	PE, PP, PMMA Y OTROS	Fibras	Sedimentos		(Shelciya et al., 2023)
China	Artificial			Biota	Tubífidos	(Dong et al., 2023)
China	Marinos	PE, PP Y PS	Gránulos y fragmentos	Sedimentos		(Xin et al., 2023)
India	Estuarinos	PE, PP, PS	Fibras, fragmentos y películas	Agua y Sedimentos		(A Ángel et al., 2023)
China	Artificial	PE, PS	Fibras	Agua		(Yuannan et al., 2023)
Brasil	Palustres	PP, PET, PVC, PVA Y LDPE	Fibras, fragmentos y películas	Agua		(De Faria et al., 2022)
Brasil	Palustres	PP,	Fibras y fragmentos	Sedimentos		(Camargo et al., 2022)
China	Artificial	PS, PP, PE	Perlas, fragmentos, películas y fibras	Agua y Sedimentos		(Li et al., 2022)
Brasil	Estuarinos	HDPE, PE, PP Y OTROS	Fragmentos y fibras	Agua y Sedimentos		(Pinheiro et al., 2022)
China	Estuarinos	PET, PE, PP		Suelo		(Hu et al., 2022)
China	Artificial	PP, PE, PET, PS Y OTROS	Fibras, fragmentos y películas	Agua y Sedimentos		(Qian et al., 2022)
Brasil	Estuarinos	PET, PP, PE		Agua		(Monteiro et al., 2022)
China	Artificial	PE, Y PS		Agua		(Li et al., 2022)
China	Artificial	PE, PP PS	Fibras, fragmentos y películas	Agua y Sedimentos		(Xia et al., 2022)
China	Artificial	PE, PS	Fibra	Agua		(Largo et al., 2022)
China	Artificial	PVC, PS, PET Y PP	Fibras	Agua		(Xu et al., 2022)
China	Estuarinos	PET, PE, PP	Granulares, fragmentados y fibrosos	Sedimentos		(Liu et al., 2022)
China	Estuarinos	PE, PP	Fibras	Sedimentos		(Zhou et al., 2021)
China	Estuarinos	PP, PET, PVC, PVA Y LDPE	película y filamento	Agua y Sedimentos		(Yusof et al., 2021)
Brasil	Marinos	PE, PP, PS Y OTROS	Fragmentos	Agua		(Lorenzi et al., 2021)
Malasia	Estuarinos	PP, PET, PVC, PVA Y LDPE	Filamentos	Biota	Poliquetos	(Siti et al., 2021)

Región	Tipo de Humedal	Tipo de MP	Formas del MP	Zona Investigada	Organismos	Autores
Brasil	Palustres		Fibras, pallets y fragmentos	Agua		(De Faria et al., 2021)
China	Estuarinos	PP, PS, PE	Fragmentos	Agua y Sedimentos		(Deng et al., 2021)
China	Estuarinos	PET, PP, PS Y PA.	Fibras, gránulos, fragmentos, espumas y películas,	Plantas y Sedimentos		(Duan et al., 2021)
India	Artificial	PET, PE	Películas, fibras, fragmentos	Agua, Sedimentos y biota	Peces	(Sarkar et al., 2021)
China	Estuarinos	PE Y (PET	Fibras	Biota	Peces y Cangrejos	(Zhang et al., 2021)
China	Estuarinos	PET, PE Y PP		Sedimentos		(Deng et al., 2020)
China	Estuarinos	PP, PE, PET, PS LDPE	Fibra, fragmento, gránulo y lámina	Sedimentos		(Zuo et al., 2020)
China	Estuarinos	PE, PET, PP Y OTROS	Fibras	Biota	Peces	(Huang et al., 2020)
China	Estuarinos	PE, LDPE Y PP	Fibras, fragmentos y películas	Sedimentos		(Li et al., 2020)
China	Lacustre	PS, PEBD	Espumas, fibras, escombros y películas	Sedimentos		(Jian et al., 2020)
China	Marinos		Pellets, fragmentos, escamas, películas, fibras y esponjas	Sedimentos		(Zhou et al., 2020)
China	Artificial	OTROS	Fibras	Biota	Peces	(Su et al., 2019)
China	Lacustre		Fibras, fragmentos y películas	Agua y Sedimentos y biota	Aves	(Liu et al., 2019)
China	Estuarinos	PE, PP, PS	Fragmentos	Sedimentos		(Li et al., 2019)
China	Estuarinos	PS, PP, PE, Y PE PEBD	fibra, esfera y fragmento	Sedimentos		(Li et al., 2018)
China	Estuarinos	PE, PP PEBD Y PS	Fragmentos, películas, fibras y espumas	Sedimentos		(Jian et al., 2018)

De las 43 investigaciones realizadas en humedales tropicales 26 se realizaron en sedimentos, 20 en agua, 11 en biota, suelo y plantas 1 respectivamente (Fig. 20).

Tabla 5 Resumen de estudios realizados en humedales de regiones Mediterráneas.

Región	Tipo de Humedal	Tipo de MP	Formas del MP	Zona Investigada	Organismos	Autores
Australia	Artificial	Poliéster	Fibras	Biota	Peces	(Su et al., 2019)
Estados unidos	Estuarinos			Sedimentos		(Culligan et al., 2022)
Portugal	Estuarinos		Fibras y fragmentos	Sedimentos		(Almeida et al., 2023)
Estados unidos	Artificial			Biota	Gato	(Ratnayaka, et al., 2023)
Australia	Artificial	PET	Fibras	Agua y sedimentos		(Lu et al., 2022)
Estados unidos	Estuarinos		Fibras, fragmentos y láminas	Sedimentos		(Culligan et al., 2022)
Estados unidos	Estuarinos		Fibras	Biota y sedimentos	Aves	(Weitzel et al., 2022)
España	Marinos		Fibras-fragmentos	Biota	Peces	(Rodríguez, Antón, & QuintanaXD, 2020)
España	Artificial		Películas, fibras y fragmentos	Sedimentos		(Edo et al., 2020)
España	Artificial		Fibra	Agua. Biota	Macroinvertebrados	(Wang et al., 2020)
España	Artificial		Fibra	Biota	Macroinvertebrados	(Wang et al., 2020)
Estados unidos	Estuarinos		Fibras	Biota y sedimentos	Aves	(Weitzel et al., 2021)
Australia	Artificial		Fragmentos	Sedimentos		(Townsend et al., 2019)
Australia	Artificial		Fragmentos	Sedimentos		(Ziajahromi et al., 2020)
Australia	Artificial			agua y sedimentos		(Ziajahromi et al., 2020)

De las 15 investigaciones realizadas en humedales mediterráneos, 10 se realizaron en sedimentos, 7 en biota y 3 en agua (Fig. 21).

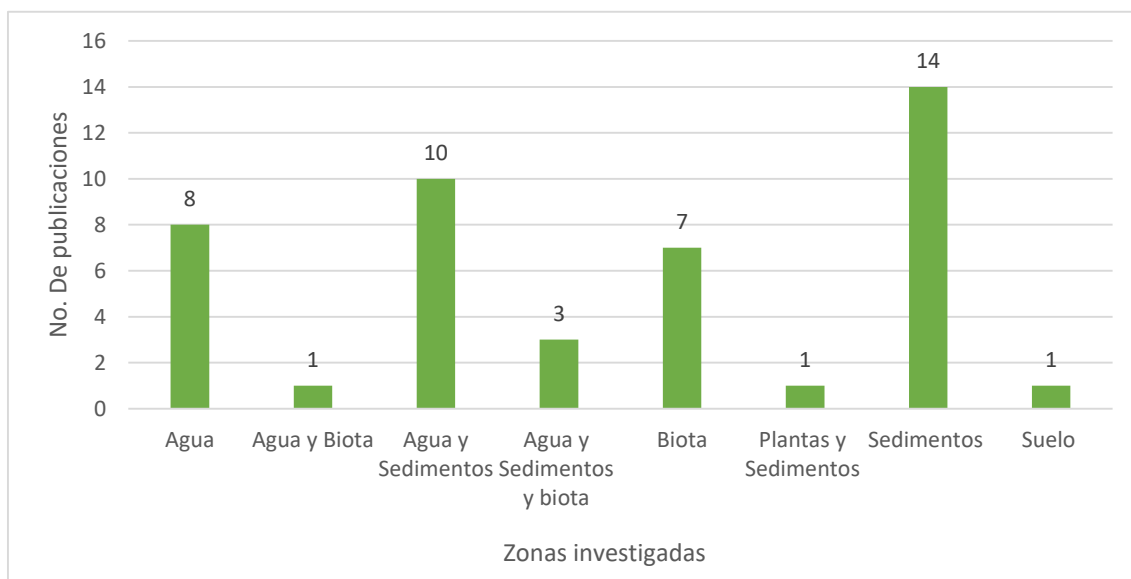


Figura 20. Resumen de las zonas investigas en humedales Tropicales.

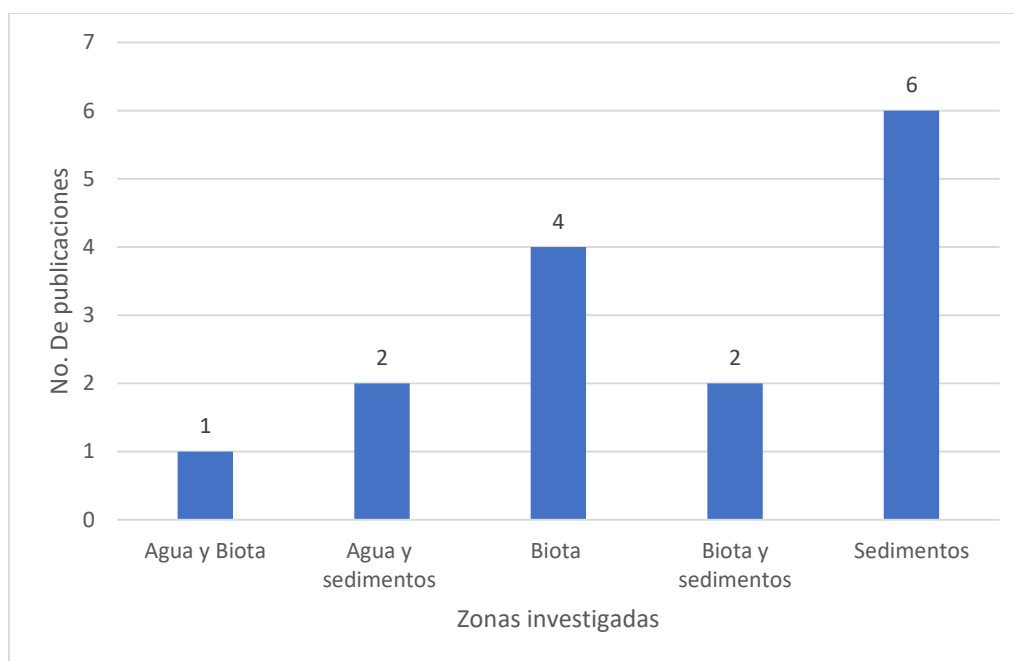


Figura 21. Resumen de las zonas investigas en humedales Mediterráneos.

4.1.6 Formas de microplásticos, y posibles fuentes de contaminación encontradas en los estudios.

Basándonos en los resultados derivados de la revisión de los artículos, se consideraron las diversas formas de microplásticos identificadas en las investigaciones. El propósito

central fue determinar las fuentes de generación o contaminación específicas según el tipo de humedal y la zona de estudio.

Formas de MP según el tipo de humedal

Las formas de microplásticos más representativas en los diferentes tipos de humedales de clima tropical son las fibras, seguida de los fragmentos (Fig. 22).

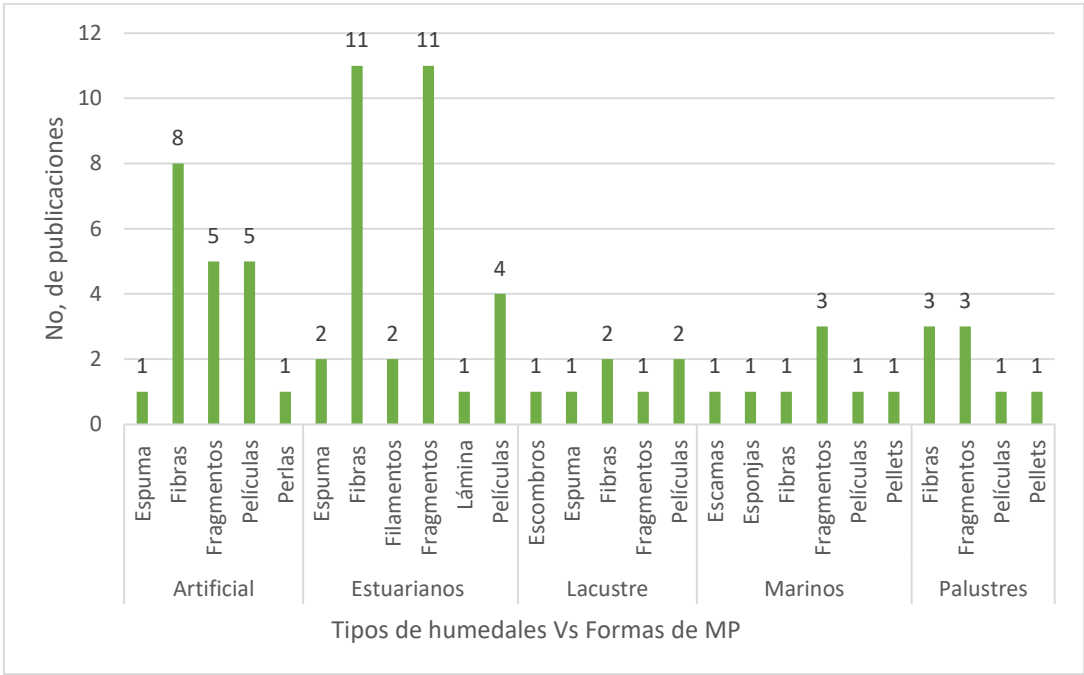


Figura 22. Formas de MP encontradas en las investigaciones de clima tropical según el tipo de humedal estudiado.

De igual forma para los tres humedales estudiados de clima mediterráneo, las fibras fueron las más abundantes seguido de los fragmentos (Fig. 23).

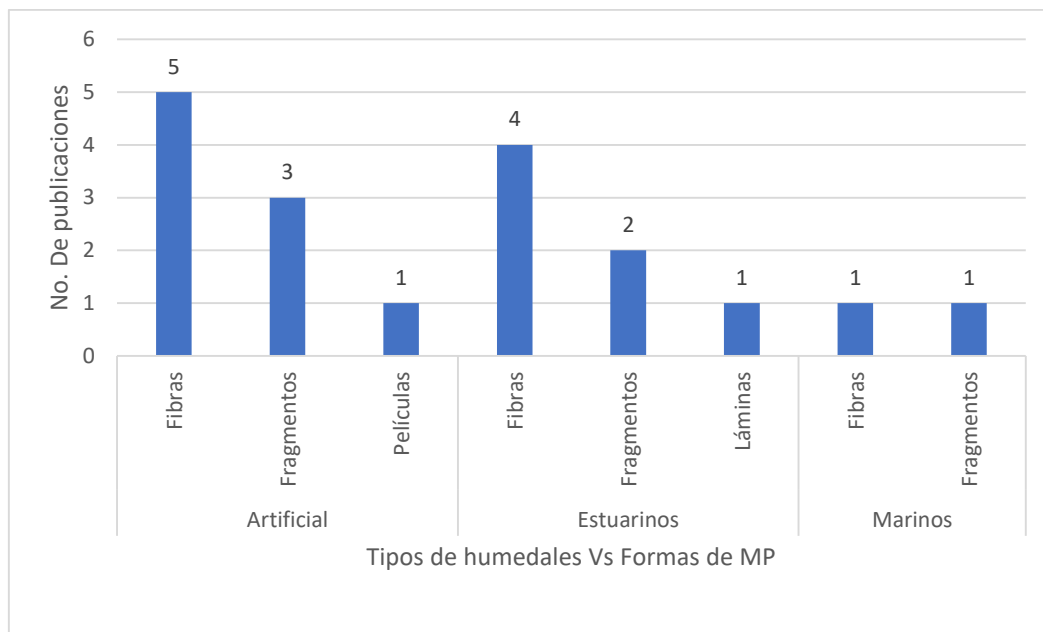


Figura 23. Formas de MP encontradas en las investigaciones de clima mediterráneo según el tipo de humedal estudiado.

Formas de MP según zona estudiada

En relación a las formas reportadas según la zona estudiada, tanto para humedales de clima Tropical (Fig. 24) como en humedales de clima Mediterráneo (Fig. 25), los sedimentos es la zona que más diversidad de formas de MP acumula.

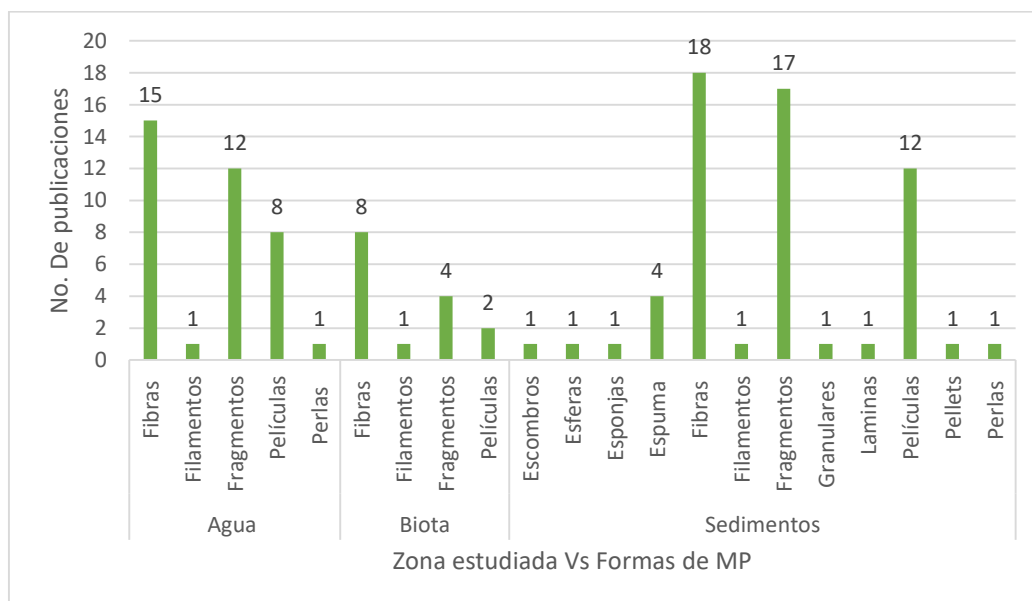


Figura 24. Formas de MP encontradas en las investigaciones de clima tropical según la zona estudiada.

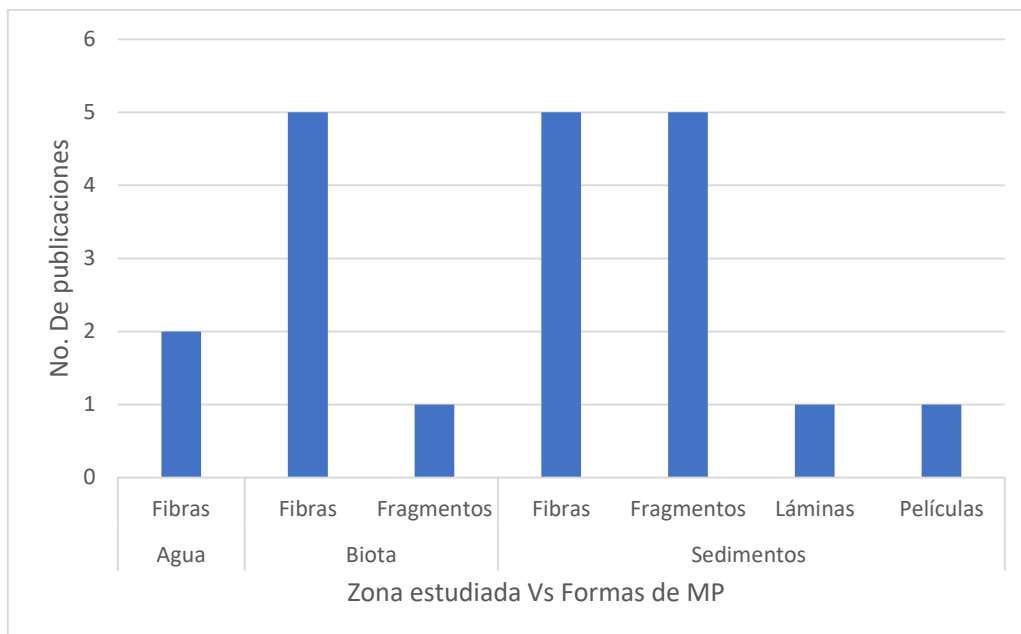


Figura 25. Formas de MP encontradas en las investigaciones de clima mediterráneo según la zona estudiada.

Tomando en cuenta las variedades de microplásticos identificadas en investigaciones llevadas a cabo en humedales tanto Tropicales como Mediterráneos, se presenta a continuación un modelo conceptual que visualiza las fuentes de generación de microplásticos en función del tipo de humedal (Fig. 26).



Figura 26 : Modelo conceptual de fuentes de generación de microplásticos en humedales Tropicales y Mediterráneos.

4.1.7 Biota estudiada

En los humedales de clima tropical, se emplearon diversas especies de fauna como indicadores clave para evaluar la contaminación por microplásticos. Entre estos organismos se destacaron (Fig. 27).

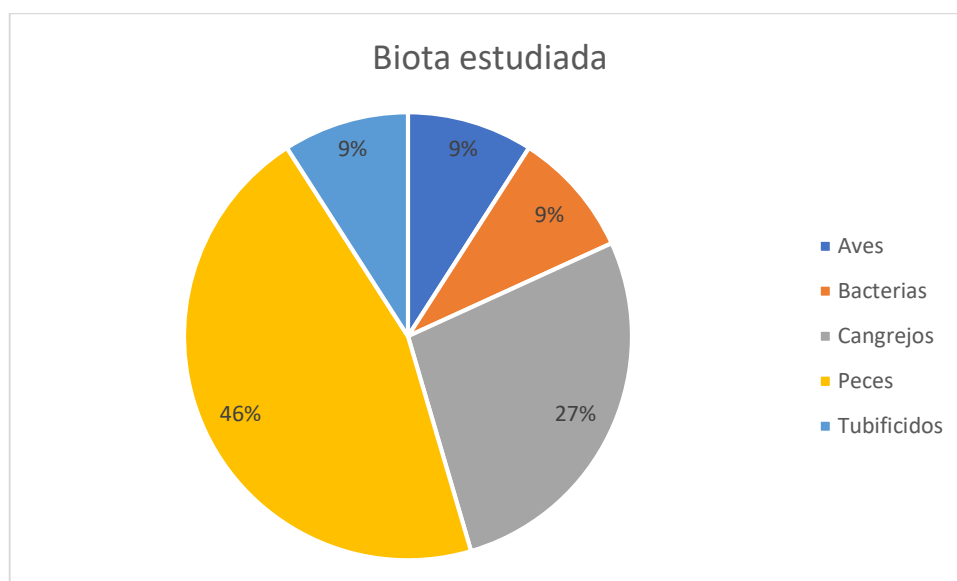


Figura 27. Biota utilizada para evaluar la contaminación de los humedales de clima tropical.

En el caso de los humedales mediterráneos, se llevaron a cabo un conjunto de investigaciones focalizadas en tres categorías de fauna: peces, aves y macroinvertebrados. Para cada una de estas categorías se llevaron a cabo dos estudios, centrándose en aspectos cruciales de la contaminación por microplásticos. Además, se realizó un estudio específico para analizar la ingestión de microplásticos por parte del gato pescador en estos humedales, con el objetivo de comprender mejor la interacción de esta especie con estos contaminantes en el entorno mediterráneo (Fig. 28).

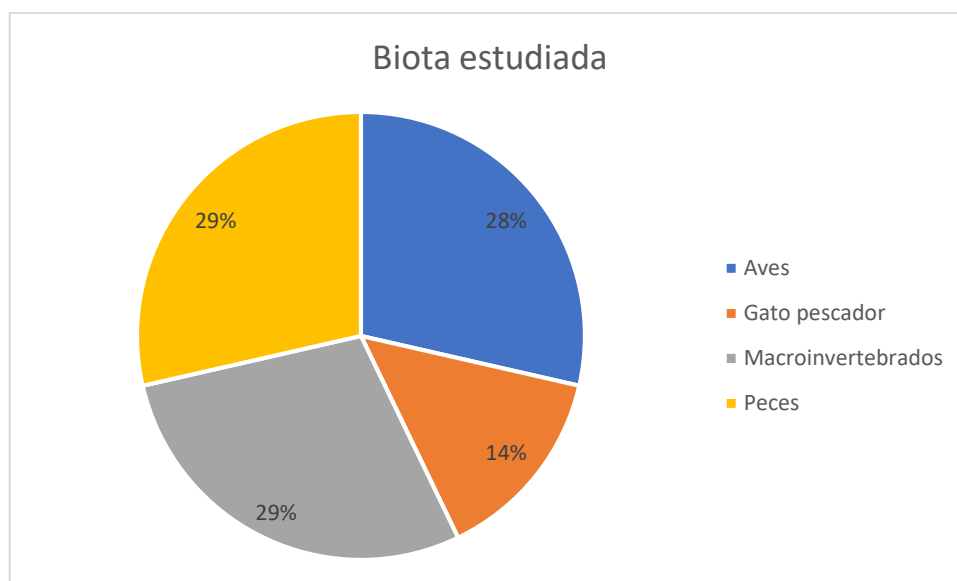


Figura 28. Biota utilizada para evaluar la contaminación de los humedales de clima mediterráneo.

5 DISCUSIÓN

La información existente en cuanto a las investigaciones científicas relacionadas con la contaminación por microplásticos en humedales tropicales y mediterráneos es escasa. La mayoría de los estudios (74%) centrados en regiones tropicales (Fig. 16) se concentran en China (n=199). En cambio, en las regiones mediterráneas (Fig. 17), la mayoría de los estudios (35%) se centran en Estados Unidos (n=39). Una posible explicación se debe a que ambos son países con poblaciones considerables, lo que podría llevar a una mayor atención de investigaciones en esas áreas debido a su tamaño y relevancia global a nivel económico, esto concuerda con (Quian et al., 2021), donde menciona que Los intereses de investigación varían mucho entre regiones. Entre todos los países, los estudios de China representaron el 61,7% del total de estudios y mostraron una tendencia de crecimiento interanual, seguido de Estados Unidos, que representó el 10,6% del total.

Por otro lado, Colombia tiene una proporción baja de estudios en regiones tropicales (3%, n=7), y Italia tiene una proporción similarmente baja en regiones mediterráneas (9%, n=10). Esto podría indicar un menor enfoque en estas áreas a pesar de que también son países con poblaciones significativas y climas característicos de esas regiones.

Asimismo, los tipos de humedales con mayor interés en clima tropical (Fig. 18), son los estuarinos con un 51%, esto se debe a que según (Yao et al., 2019, son uno de los hábitats donde los macro desechos plásticos pueden convertirse en micro, y también es

una de las fuentes de MP que ingresan al ecosistema marino. En humedales mediterráneos, el tipo de humedal con mayor número de investigaciones son los artificiales con un 63% (Fig. 19), dado que, según (Edo et al., 2020), las lagunas recargadas sufren de un suministro continuo de contaminantes, incluidos microplásticos que se acumulan por su carácter endorreico.

Para comprender la distribución de MP en las zonas investigadas, se categorizaron en matrices de agua, sedimentos y biota. De las 43 investigaciones en humedales tropicales, 26 se enfocaron en sedimentos. En el caso de los humedales mediterráneos, de las 15 investigaciones, 10 se centraron en sedimentos. Estos hallazgos indican que los sedimentos son la zona crucial para comprender la capacidad de acumulación de microplásticos en estos ecosistemas. Esto es coincidente con (Zheng et al., 2020) indicando que, los MP en el sedimento tienen mayor abundancia debido a fuerzas externas como olas y mareas. Los MP en el sedimento muestran una tendencia decreciente a lo largo de la profundidad.

Para determinar las formas de microplásticos (MP) reportadas en los estudios, se consideraron dos tipos de relaciones. La primera se centró en la comparación entre el tipo de humedal y las formas de MP, como se muestra en las Figuras 22 y 23. Los estudios revelaron que la abundancia de formas de MP no está vinculada al tipo de humedal, ya que, en todas las investigaciones realizadas en humedales, tanto tropicales como mediterráneos, las fibras y los fragmentos fueron las formas más abundantes y representativas. No obstante, se observó que la diversidad de formas de microplásticos depende de las fuentes de contaminación, y específicamente para esta revisión, se destacó que el tipo de humedal estuarino fue donde se encontró la mayor variedad de formas., esto es coherente con (Schwarz et al., 2019), en donde menciona que la morfología de las MP detectadas en humedales de manglares está relacionada con su fuente. Por lo general, las películas MP provienen principalmente de bolsas de embalaje de plástico o fragmentos de películas agrícolas; Los MP de espuma pueden provenir del empaque de productos y de actividades pesqueras; Los MP de pellets y perlas se descargan como componentes de materiales industriales y cosméticos, respectivamente (Li et al., 2020).

Y la segunda relación fue; zonas investigadas Vs formas de MP (Figs. 24 y 25), muestra que en las matrices de agua las fibras y los fragmentos son las más abundantes, esto coincide con (Simón Sánchez et al., 2019), en donde indica que las fibras y los fragmentos son las formas principales, y rara vez se detectan películas y gránulos en matices de agua; en los sedimentos las formas más abundantes son fibras y fragmentos,

que son consistentes con las del agua pero es en los sedimentos es donde se reporta más diversidad de MP, esto coincide con que los MP en los sedimentos tienen una mayor variabilidad en formas y tipos, lo que puede estar relacionado con los diferentes períodos de acumulación de MP (Simón Sánchez et al., 2019). En biota; los peces son la fauna más utilizada (Figs. 27 y 28) para determinar la contaminación por microplásticos en humedales una de las razones por la que estos organismos son los de mayor interés de investigación es coherente con (Rodríguez Sierra et al., 2020, en donde indica que su alimentación se basa principalmente en invertebrados, pero son también susceptibles de ingerir y acumular residuos de microplásticos con tamaños similares al de algunas de sus presas. En este sentido, la presencia de microplásticos en los contenidos gastrointestinales de peces puede ser un indicador del incremento de residuos de plásticos en ecosistemas costeros mediterráneos, pudiendo llegar a alterar las dinámicas tróficas de los organismos acuáticos.

1.2. Formulación de propuestas para la gestión de los microplásticos en humedales.

En base a los hallazgos recopilados de los artículos revisados en este estudio, se sugiere incrementar las investigaciones en humedales tanto de clima tropical como mediterráneo, centrándose en:

- Diseñar una metodología estándar que permita realizar Investigaciones comparativas entre humedales tropicales y mediterráneos para evaluar el grado de contaminación, las fuentes de contaminación y el impacto de los microplásticos en estos ecosistemas y aumentar las investigaciones en humedales lacustres, palustres y rivereños. El monitoreo constante puede ayudar a evaluar la efectividad de las medidas de mitigación y adaptarlas según sea necesario.
-
- Los sedimentos son comúnmente reconocidos como un depósito de contaminantes en cuerpos de agua. Por ende, para evaluar la relevancia de los microplásticos (MP) como transportadores de contaminantes en humedales, es esencial desarrollar una metodología que posibilite investigar la cantidad precisa de aditivos que permanecen en los fragmentos de plástico y se liberan en el entorno, especialmente en los sedimentos que rodean los humedales.

- Aunque los peces han sido la biota más estudiada, un estudio de (Liu et al., 2019), reveló que considerables cantidades de microplásticos se acumulan a través de las heces de aves migratorias en humedales lacustres. Por ende, es imperativo intensificar las investigaciones en este grupo de fauna, dada su importancia en el ecosistema y su papel destacado en la fauna de humedales. Además, es crucial llevar a cabo estudios con macroinvertebrados, ya que estos organismos son utilizados como indicadores de la calidad del agua en ecosistemas acuáticos, proporcionando información valiosa sobre posibles cambios en la calidad del agua de los humedales.
- Evaluar la concentración de microplásticos en distintos órganos o partes del cuerpo es crucial para identificar las vías críticas de absorción, aspecto fundamental en la evaluación de riesgos y en la elaboración de programas de monitoreo de campo. Las variaciones ecológicas y fisiológicas entre los géneros de las especies parecen tener un impacto en la absorción de microplásticos, lo que subraya la importancia de considerar estos factores al diseñar programas de seguimiento.
- Llevar a cabo investigaciones acerca de la eficacia de programas educativos y campañas de sensibilización pública se vuelve esencial para evaluar su impacto en la reducción de la producción y liberación de microplásticos.

Los estudios mencionados deben adoptar un enfoque interdisciplinario y colaborativo, involucrando a científicos, legisladores y la sociedad en general. Esto es esencial para desarrollar estrategias efectivas que reduzcan la contaminación por microplásticos y protejan los humedales, ya que estos ecosistemas son vitales debido a los innumerables beneficios o servicios ecosistémicos que brindan a la humanidad.

6. CONCLUSIONES

- Aunque las investigaciones relacionadas con la contaminación por microplásticos en humedales son escasas, es notable el crecimiento gradual en el número de estudios sobre estos ecosistemas en la última década. La atención hacia la contaminación por microplásticos en humedales ha ido en aumento.

- Los sedimentos son la zona de mayor interés para investigar la contaminación por microplásticos en humedales, siendo también la que presenta la mayor variabilidad de formas de microplásticos registradas.
- El humedal estuarino ha sido objeto de numerosas investigaciones, posiblemente vinculado a que una proporción significativa de estudios se ha focalizado en ecosistemas marinos. Por lo tanto, es más probable que se realicen investigaciones en este tipo de humedal.
- Las formas más comúnmente encontradas, considerando el tipo de humedal y la zona investigada, son las fibras y los fragmentos de microplásticos.
- Se observa una relación entre el tipo de humedal estuarino y los sedimentos, ya que se informa de una mayor abundancia y variabilidad de morfologías de microplásticos en esta revisión.
- Aunque los peces han sido la biota más examinada en relación con la contaminación por microplásticos (MP), es imperativo ampliar la investigación a otros tipos de fauna. Esto es esencial para comprender de manera más integral los efectos de los microplásticos y, por ende, anticipar las posibles repercusiones en la red alimentaria una vez que estos contaminantes sean incorporados en distintas especies.
- A pesar de que la atención hacia la contaminación por microplásticos en humedales tropicales es más evidente que en los humedales mediterráneos, es crucial destacar que se necesitan más investigaciones para llegar a una conclusión firme sobre la amenaza que representan los microplásticos para la integridad de los humedales en general. Este hallazgo subraya la importancia de impulsar más estudios y esfuerzos de investigación en humedales mediterráneos, garantizando así una comprensión completa de los posibles riesgos ambientales y la implementación efectiva de estrategias de conservación.

7. REFERENCIAS

- (n.d.). Retrieved from <https://www.elindependientedegranada.es/ciudadania/humedal-padul-joyas-medioambientales-granada-hecho-estercolero>.
- Ziajahromi , S., Drapper, D., Hornbuckle, A., Rintoul, L., & DL Leusch, F. (2020). Microplastic pollution in a stormwater floating treatment wetland: Detection of tyre particles in sediment. *Science of The Total Environmen*, Volume 713.
- A Angel, J., & Indumathi, N. (2023). *Distribution of microplastics in the catchment region of Pallikaranai marshland, a Ramsar site in Chennai, India*. Retrieved from Environmental Pollution, Volume 318.
- Almeida C, M. R., Sáez Zamacona, I., Silva, D. M., Rodríguez, S. M., Pereira, R., & Ramos , S. (2023). *The Role of Estuarine Wetlands (Saltmarshes) in Sediment Microplastics Retention*. Retrieved from Water (Switzerland), Volume 15.
- Begambre González, F., & Cifuentes Montt, V. (2023). *Presencia de microplásticos en la ciénaga guartinaja, complejo cenagoso del bajo sinú. Montería, Cordoba*.
- Camargo Gomes, A. L., Girard, P., Sanz Lázaro, C., Silva Moreschi, A. C., De Faria, É., Figueiredo Souza, B. R., . . . Blettler, M. (2022). *Microplastics in sediments of the Pantanal Wetlands, Brazil*. Retrieved from Frontiers in Environmental Science, Volume 10.
- Carpenter, E. J., & Smith, K. L. (1972). *Plastics on the Sargasso Sea Surface*.
- Cinfuentes Montt, V., & Begambre Conzález, F. J. (2023). *Presencia de microplásticos en la ciénaga guartinaja, . Montería*.
- Cole, M., Linquede, P., Halsbandb, C., & Gallowayc, T. (2011). *Microplastics as contaminants in the marine environment: A review*.
- Convención de Ramsar sobre los Humedales. (2018). *Perspectiva mundial sobre los humedales: Estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas. Gland (Suiza)*. . Secretaría de la Convención de Ramsar.
- Convención sobre los Humedales. (2023, mayo 23). *Los humedales y la contaminación por plástico*.
- Convenio Ramsar. (1971, febrero 2). *¿Qué son los humedales?* (F. e. (Irán), Ed.)
- Culligan, N., Liu, K. B., Ribble, K., Ryu, J., & Dietz, M. (2022, February). *Sedimentary records of microplastic pollution from coastal Louisiana and their environmental implications. Journal of Coastal Conservation*, Volume 26.
- Dalvand, M., & Hamidian, A. H. (2023). *Occurrence and distribution of microplastics in wetlands*.
- De Faria, É., Girard, P., Gomes Camargo, A., Moreschi Silva, A., Christo, S., Casado Coy, N., . . . Costa Ferreira, M. (2022). *Microsynthetics in waters of the South American Pantanal. Frontiers in Environmental Science*, Volume 10.
- De Faria, É., Girard, P., Gómez Camargo, A. L., Moreschi Silva, A. C., Christo , S. W., Casado Coy, N., . . . Costa Ferreira, M. (2021). *Microsynthetics in waters of the South American Pantanal*. Retrieved from Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, Volume 3.

- De Faria, É., Silva Nardes, C., Moreschi, A., Wambier Christo, S., Ferreira Júnior, A. L., & Costa, M. (2021). *Microplastics pollution in the South American Pantanal*. Retrieved from Case Studies in Chemical and Environmental Engineering.
- De Groot, R., Stuij, M., Finlayson, M., & Davidson, N. (2006, Noviembre). *Valuing wetlands: guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services*. (S. & Gland, Ed.) Montreal, Canada: Ramsar Technical Report. Ramsar Convention Secretariat.
- Deng, H., Li, R., Yanc, B., Lia, B., Chen, Q., Hu, H., . . . Shi, H. (2021). *PAEs and PBDEs in plastic fragments and wetland sediments in Yangtze estuary*. Retrieved from Journal of Hazardous Materials.
- Deng, J., Guo, P., Zhang, X., Su, H., Zhang, Y., Wu, Y., & Li, Y. (2020). *Microplastics and accumulated heavy metals in restored mangrove wetland surface sediments at Jinjiang Estuary (Fujian, China)*. Retrieved from Marine Pollution Bulletin, Volume 159.
- DKV Instituto de la Vida Saludable. (2019). *Contaminación por plástico. Uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI, Observatorio salud y medio ambiente*.
- Dong, J., Kang, Y., Kuang, S., Mamá, H., Li, M., Xiao, J., . . . Wu, Haiming. (2023). *Combined biological effects of polystyrene microplastics and phenanthrene on Tubifex tubifex and microorganisms in wetland sediment*. Retrieved from Chemical Engineering Journal. Volume 462.
- Duan, J., Hanc, J., Cheung, S., Yuen Chong, K., Loc, M., Fred Wang, F. L., . . . Chao Zhou, H. (2021). *How mangrove plants affect microplastic distribution in sediments of coastal wetlands: Case study in Shenzhen Bay, South China*. Retrieved from Science of The Total Environment.
- Durán Valsero, J. J., López Geta, J. A., García de Domingo, a., Robledo Ardilla, P. A., & Soria, J. M. (2004). *Humedales del Mediterráneo español: modelos geológicos e hidrogeológicos*. Instituto Geológico y Minero de España, Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas, nº 3, Madrid.
- Edo, C., González Pleiter, M., Tamayo Belda, M., Ortega Ojeda, F. E., Leganéz, F., Fernández Piñas, F., & Rosal, R. (2020, August). *Microplastics in sediments of artificially recharged lagoons: Case study in a Biosphere Reserve*. Science of the Total Environment, Volume 729.
- Geng, N., Zhao, G. M., Zhang, D. H., Yuan, H. M., & Li, X. G. (2023). *Distribution, Sources, and Risk Assessment of Microplastics in Surface Sediments of Yellow River Delta Wetland*. Retrieved from Huanjing Kexue/Ciencias Ambientales, Volume 44.
- Gómez Catalán, J., Timoner Alonso, I., Castell Garralda, V., Salas Salvado, J., Snachís Almenar, V., & Nadal Lomas, M. (2019, Noviembre). *Microplásticos y nanoplásticos en la cadena alimentaria. Situación actual*. Retrieved from Informe
- Hu, B., Guo, P., Han, S., Jin, Y., Nan, Y., Deng, J., . . . Chen, S. (2022). *Distribution characteristics of microplastics in the soil of mangrove restoration wetland and the effects of microplastics on soil characteristics*. Retrieved from Ecotoxicology, Volume 31.

- Huang, J. S., Koogolla, J. B., Li, H. X., Lin, L., Pan, Y. F., Liu, S., . . . Xu, X. R. (2020). *Microplastic accumulation in fish from Zhanjiang mangrove wetland, South China*. Retrieved from Science of the Total Environment, Volume 708.
- Interempresas. (2012, Diciembre 18). *Canales Sectoriales-Interempresas* . Retrieved from <https://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/103766-Olivar-adehesado-integracion-pastoreo-ganado-ovino-herramienta-gestion-olivares-ecologicos.html>
- Jian, M., Zhou, L. Y., Yu, H., & Liu, S. (2018). *Separation and microscopic study of microplastics from the sediments of the wetland in the estuary of Raohe River of Poyang Lake*. Retrieved from Huanjing Kexue Xuebao/Acta Scientiae Circumstantiae, Volume 38.
- Jian, M., Zhou, L., Li, W., Rao, D., Wu, X., Zhang, C., & Liu, S. (2020). *Microplastics in the Sediments: From Rivers to Lakes Investigated in the Biggest Freshwater Lake (Poyang Lake) Basin and Yangtze River in China*. Retrieved from Handbook of Environmental Chemistry, Volume 95, Pages 111 - 141.
- Karstens, S., Buczko, U., & Glatzel, S. (2015). *Phosphorus storage and mobilization in coastal Phragmites wetlands: Influence of local-scale hydrodynamics*.
- Langan, C., Granjero, J., Rivingtonc, M., & Smith, J. U. (2018). *Tropical wetland ecosystem service assessments in East Africa; A review of approaches and challenges*.
- Largo, Y., Zhou, Z., Yin , L., Wen, X., Xiao, R., Du, L., . . . Yan, S. (2022). *Microplastics removal and characteristics of constructed wetlands WWTPs in rural area of Changsha, China: A different situation from urban WWTPs*. Retrieved from Science of the Total Environment.
- Le, Z., Jingxin, W., Xia, G., Canción, Y., Danping, L., Huajun, H., . . . Hansun, F. (2023). *Removal characteristics of microplastics in sewage flowing through a long-term operation surface flow wetland*. Retrieved from Science of the Total Environment, Volume 899.
- Li, J., Zhang, H., Zhangc, K., Yang, R., Lib, R., & Li, Y. (2018). *Characterization, source, and retention of microplastic in sandy beaches and mangrove wetlands of the Qinzhou Bay, China*. Retrieved from Marine Pollution Bulletin, Volume 136.
- Li, R., Yu, L., Chai, M., Wu, H., & Zhu, X. (2020). *The distribution, characteristics and ecological risks of microplastics in the mangroves of Southern China*. Science of the Total Environment.
- Li, R., Zhang, L., Xue, B., & Wang, Y. (2019). *Abundance and characteristics of microplastics in the mangrove sediment of the semi-enclosed Maowei Sea of the south China sea: New implications for location, rhizosphere, and sediment compositions*. Retrieved from Environmental Pollution, Volume 244.
- Li, W. G., Jian, M. F., Nie, J. M., Wu, X. E., Yang, W. J., Liu, S. L., . . . Chu, Z. R. (2022). *Spatiotemporal distribution and multi-source characteristics of microplastics in the soil and water environment of Poyang Lake Wetland, China*. Retrieved from Chinese Journal of Applied Ecology, Volume 33.

- Li, W. G., Wu, X. E., Jian, M. F., Liu, S. L., Liu, H. Q., & Ding, H. J. (2022). *Adsorption and Interception Effects of Eichhornia crassipes on Microplastics in Water of the Poyang Lake Basin*. Retrieved from Huanjing Kexue/Environmental Science.
- Li, W. H., Jian, M. F., Liu, S. L., Jiang, Y. M., Deng, Y. B., & Zhu, L. (2020). *Occurrence Relationship Between Microplastics and Heavy Metals Pollutants in the Estuarine Sediments of Poyang Lake and the Yangtze River*. Retrieved from Huanjing Kexue/Environmental Science, Volume 41, Issue 1, Pages 242 - 252.
- Liu, C. J., Luo, Z. X., Yan, Y., Lin, H. R., Hu, G. R., & Yu, R. L. (2022). *Occurrence Characteristics of Microplastics in Mangrove Sediments in the Jiulong River Estuary and the Association with Heavy Metals*. Retrieved from Huanjing Kexue/Environmental Science.
- Liu, S., Jian, M. F., Zhou, L. Y., Li, W. H., Wu, X. E., & Rao, D. (2019). *Pollution Characteristics of Microplastics in Migratory Bird Habitats Located Within Poyang Lake Wetlands*. Retrieved from Huanjing Kexue/Environmental Science, Volume 40.
- López Armero , I., Granda Maestre , R., & Gómez Cantero , J. (2021, Noviembre 22). *Instituto Español de Estudios Estratégicos . Retrieved from Las inundaciones en España y en Europa: un problema que sube de nivel. Segunda Parte : https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2021/DIEEEO130_2021_JO NGOM_Inundaciones.pdf*
- Lorenzi, L., Reginato, B., Eduardo Gentil, M., Testa Pezzin, A. P., Fonseca Silveira, V., & Dantas, D. (2021). *Spatio-seasonal microplastics distribution along a shallow coastal lagoon ecocline within a marine conservation unit*. Retrieved from Marine Pollution Bulletin.
- Lu, H. C., Ziajahromi, S., Locke, A., Neale, P. A., & Leusch, F. (2022, Noviembre). *Microplastics profile in constructed wetlands: Distribution, retention and implications. Environmental Pollution, Volume 313*.
- Manrique Muñante, R. E. (2022). *Microplastics: the huge problem of tiny plastic particles*.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2003). *DIRECTIVA 2000/60/CE Análisis de trasposición y procedimientos de desarrollo*.
- Miranda Peña, L., Urquijo, M., Araña, V. A., García Alzate, R., García Alzate, C. A., & Trilleras, J. (2023). *Microplastics Occurrence in Fish from Tocagua Lake, Low Basin Magdalena River, Colombia*. Retrieved from Diversity, Volume 15.
- Monteiro, I., Dantas, D., Makrakis, M., Lorenzi, L., Alves Ribeiro, S., Testa Pezzin, A. P., . . . Gentil, E. (2022). *Composition and spatial distribution of floating plastic debris along the estuarine ecocline of a subtropical coastal lagoon in the Western Atlantic*. Retrieved from Marine Pollution Bulletin.
- Nur Hannah, A. R., Stefano, C., Yusof Shuaib, I., Christelle, N., Izwandy, I., Jarina Mohn, J., . . . Behara, S. (2023). *Commercially important mangrove crabs are more susceptible to microplastic contamination than other brachyuran species*. Retrieved from Science of the Total EnvironmentVolume 903.
- Nur Hannah, A., Behara, S., Yusof Shuaib, I., Christelle, N., Izwandy, I., Stefano, C., & Farid Dahdouh, G. (2023). *Dataset of microplastics in the mangrove brachyuran crabs at Setiu Wetlands, Peninsular Malaysia*.

- Pinheiro Lara, M., Britz Larisa, M., Agostini, V. O., Pérez Parada, A., Gracia Rodríguez, F., Galloway, T. S., & Pinho, G. L. (2022). *Salt marshes as the final watershed fate for meso- and microplastic contamination: A case study from Southern Brazil*. Retrieved from Science of the Total Environment, Volume 838.
- Plastics Europe. (2021). *Plastics-the facts, An analysis of European plastics production, demand and waste data*.
- Pozzobom, U. M., Heino, J., Brito, M. T., & Landeiro, V. L. (2020). *Untangling the determinants of macrophyte beta diversity in tropical floodplain lakes: insights from ecological uniqueness and species contributions*.
- Qian, L., Hongjuan, H., Xiong, X., E, Z., Kehuan, W., & Chenxi, W. (2022). *Urban natural wetland as a sink for microplastics: A case from Lalu Wetland in Tibet, China*. Retrieved from Science of The Total Environment.
- Quian, J., Tang, S., Fang Wang, P., Lu, B., Jin, W., & Él, X. (2021, March). *From source to sink: Review and prospects of microplastics in wetland ecosystems*.
- Ramírez, M. J. (2022). *AOVE: El Magazine de Adeoliva* . Retrieved from <https://adeoliva.com/las-cubiertas-vegetales-y-el-olivar-ecologico/>
- Ramsar. (2018, Septiembre 27). *La convención sobre los Humedales " Los humedales, el ecosistema más valioso del mundo, están desapareciendo tres veces más rápido que los bosques, advierte un nuevo informe"*.
- Ratnayaka, A. A., Serieys, L. E., Hangawatte, T. A., Leung, L. K., & Fisher, D. (2023, January). *Plastic ingestion by fishing cats suggests trophic transfer in urban wetlands*. *Environmental Pollution*, Volume 316.
- Rodríguez Sierra, C., Antón Pardo, M., Quintana, X., & Armengol, X. (2020). *Microplastics ingestion by the exotic fish Gambusia holbrooki in two Mediterranean coastal lagoons*. *Ecosistemas*, Volume 29.
- Sarkar Dhruba, J., Sarkar Das, S., Kumar Das, B., Kumar Sahoo, B., Das, A., Kumar Nag, S., . . . Samanta, S. (2021). *Occurrence, fate and removal of microplastics as heavy metal vector in natural wastewater treatment wetland system*. Retrieved from Water Research.
- Schwarz, A. E., Ligthart, T. N., Boukris, E., & van Harmelen, T. (2019). *Sources, transport, and accumulation of different types of plastic litter in aquatic environments: A review study*.
- Shelciya, S., Glen, E. V., & Patterson, J. (2023). *Preliminary Study on the Role of Mangroves in Entrapping Microplastics in Tuticorin Coast of Gulf of Mannar, Southeast Coast of India*. Retrieved from Archives of Environmental Contamination and Toxicology, Volume 85.
- Simón Sánchez, L., Grelaud, M., Garcia Orellana, J., & Ziveri, P. (2019). *River Deltas as hotspots of microplastic accumulation: The case study of the Ebro River (NW Mediterranean)*. Science of The Total Environment.
- Siti Rabaah, H., Raad Shaher, A., Sabigah, T. A., Wan Mohd Afiq, W. K., Prabhu, K., & Yusof Shuaib, I. (2021). *Ingestión de microplásticos por los poliquetos estuarinos, Namalycastis sp. en los humedales de Setiu, Malasia*. Retrieved from Marine Pollution Bulletin.

- Su, L., Nan, B., Hassell, K., Craig, N., & Pettigrove, V. (2019, Agosto). Microplastics biomonitoring in Australian urban wetlands using a common noxious fish (*Gambusia holbrooki*). *Chemosphere, Volume 228, Pages 65 - 74*. Chemosphere.
- Sustainolive. (2023, Marzo 23). *Sustainolive.eu*. Retrieved from <https://sustainolive.eu/objetivo-general-de-sustainolive/>
- Tárano Miranda, Z. (2022). *Humedales: un recurso vital subestimado y amenazado*. Provita Internacional. Retrieved septiembre 2023
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., & Russell, A. E. (2004). *Lost at Sea: Where Is All the Plastic?*
- Townsend, K. R., Lu, H. C., Sharley, D. J., & Pettigrove, V. (2019, August). *Associations between microplastic pollution and land use in urban wetland sediments*. *Environmental Science and Pollution Research, Volume 26*.
- Vargas Isaza , L. (2005). *La evaluación multicriterio social y su aporte a la conservación de los bosques*. Scielo , 2665-2683.
- Viñals, M. J., Blasco, D., & Morant, M. (2011). *Los humedales mediterráneos: el contexto ambiental y social. Reflexiones para su estudio y gestión eficaz*. (eds). Ed. Fundación Biodiversidad. 266 pp.
- W Scown , M., & A Nicholas, K. (2020). *European agricultural policy requires a stronger performance framework to achieve the Sustainable Development Goals . Global Sustainability , 1-11*.
- Wang, Q., Henández Crespo, C., Santoni, M., Van Hulle, S., & Rousseau, D. P. (2020, June). *Horizontal subsurface flow constructed wetlands as tertiary treatment: Can they be an efficient barrier for microplastics pollution?* *Science of the Total Environment, Volume 721*.
- Weitzel, S. L., Feura, J. M., Rush, S. A., Iglay, R. B., & Woodrey, M. S. (2022, May). *Availability and assessment of microplastic ingestion by marsh birds in Mississippi Gulf Coast tidal marshes*.
- Weitzel, S., Feura, J. M., Rust, S. A., Iglay, R. B., & Woodrey, M. S. (2021, May). *Availability and assessment of microplastic ingestion by marsh birds in Mississippi Gulf Coast tidal marshes*. *Marine Pollution Bulletin, Volume 166*.
- Xia, F., Liu, H., Zhang, J., & Wang, D. (2022). *Migration characteristics of microplastics based on source-sink investigation in a typical urban wetland*. Retrieved from Water Research.
- Xin, S., Meng, L., Jing, Y., Xiaowei Huang, Zhijiang , L., Jianming , X., & Yan , H. (2023). *Potential risk of co-occurrence of microplastics and chlorinated persistent organic pollutants to coastal wetlands: Evidence from a case study*. Retrieved from Environmental Pollution.
- Xu, Z., Yingxin, Z., Guawei, P., Xulong, J., Canción , Y., Aiyun, G., . . . Min, J. (2022). *Microplastic abundance, characteristics and removal in large-scale multi-stage constructed wetlands for effluent polishing in northern China*. Retrieved from Chemical Engineering Journal.

- Yao, P., Zhou, B., Han Lu, Y., Yin, Y., Zong, Y., Chen, M., & Donnell, Z. (2019, junio 10). *Una revisión de los microplásticos en los sedimentos: ocurrencias espaciales y temporales, efectos biológicos y métodos analíticos*.
- Yu, J., Chen, X., Zhang, Y., Zhu, Y., Zhang, W., Luo, S., & Liu, S. (2023). *Bacterial community structure of water, sediment and microplastics in Poyang Lake wetland*. Retrieved from Chinese Journal of Applied Ecology, Volume 34.
- Yuannan, L., Zhenyu, Z., Xiaofeng, W., Jianwu, W., Ruihao, X., Wenming, W., . . . Lingshi, Y. (2023). *Microplastics removal and characteristics of a typical multi-combination and multi-stage constructed wetlands wastewater treatment plant in Changsha, China*. Retrieved from Chemosphere, Volume 312.
- Yusof Shuaib, I., Siti Rabaah, H., Wan Mond Afiq, W. K., Ku Mohd Kalkausar, K. Y., & Sabigah, T. A. (2021). *Spatiotemporal microplastic occurrence study of Setiu Wetland, South China Sea*. Retrieved from Science of The Total Environment.
- Zhang, S., Sun, Y., Liu, B., & Li, R. (2021). *Full size microplastics in crab and fish collected from the mangrove wetland of Beibu Gulf: Evidences from Raman Tweezers (1–20 μm) and spectroscopy (20–5000 μm)*. Retrieved from Science of The Total Environment.
- Zheng, Y., Li, J., Cao, W., Jiang, F., Zhao, C., Ding, H., . . . Sol, C. (2020). *Vertical distribution of microplastics in bay sediment reflecting effects of sedimentation dynamics and anthropogenic activities*. *Marine Pollution Bulletin*.
- Zhong, L., Wua, T., Jun Sun, H., Ding, J., Wei Pang, J., Zhang, L., . . . Shan Shan, Y. (2023). *Recent advances towards micro(nano)plastics research in wetland ecosystems: A systematic review on sources, removal, and ecological impacts*.
- Zhou, Q., Zhang, H., Waniek, J., & Luo, Y. (2020). *The Distribution and Characteristics of Microplastics in Coastal Beaches and Mangrove Wetlands*. Retrieved from Handbook of Environmental Chemistry, Volume 95, Pages 77 - 92.
- Zhou, Z., Zhang, P., Zhang, G., Wang, S., Cai, Y., & Wang, H. (2021). *Vertical microplastic distribution in sediments of Fuhe River estuary to Baiyangdian Wetland in Northern China*. Retrieved from Chemosphere.
- Ziajahromi, S., Drapper, D., Hornbuckle, A., Rintoul, L., & Leusch, F. D. (2020, April). *Microplastic pollution in a stormwater floating treatment wetland: Detection of tyre particles in sediment*.
- Zuo, L., Sun, Y., Li, H., Hu, Y., Lin, L., Peng, J., & Xu, X. (2020). *Microplastics in mangrove sediments of the Pearl River Estuary, South China: Correlation with halogenated flame retardants' levels*. Retrieved from Science of The Total Environment, Volume 725.

