



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Evaluación de técnicas de identificación de microplásticos en  
cuerpos de agua**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
Bachiller en Ingeniería Ambiental**

**AUTORES:**

Juarez Tirado, Azucena Noemi (orcid.org/0000-0003-1233-2232)

Medina Carrasco, Julio Cesar (orcid.org/0000-0003-1214-4063)

**ASESOR:**

Dr. Cruz Monzón, José Alfredo (orcid.org/0000-0001-9146-7615)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CRUZ MONZON JOSE ALFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulado: "Evaluación de técnicas de identificación de microplásticos en cuerpos de agua", cuyos autores son MEDINA CARRASCO JULIO CESAR, JUAREZ TIRADO AZUCENA NOEMI, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 18 de Noviembre del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CRUZ MONZON JOSE ALFREDO <b>DNI:</b> 18887838 <b>ORCID:</b> 0000-0001-9146-7615	Firmado electrónicamente por: JACRUZM el 18-11- 2024 18:34:35

Código documento Trilce: TRI - 0909452



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Nosotros, MEDINA CARRASCO JULIO CESAR, JUAREZ TIRADO AZUCENA NOEMI estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Tesis titulado: "Evaluación de técnicas de identificación de microplásticos en cuerpos de agua", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el Tesis:

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

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
AZUCENA NOEMI JUAREZ TIRADO <b>DNI:</b> 74066916 <b>ORCID:</b> 0000-0003-1233-2232	Firmado electrónicamente por: AJUAREZTI12 el 18-11-2024 10:04:57
JULIO CESAR MEDINA CARRASCO <b>DNI:</b> 61699266 <b>ORCID:</b> 0000-0003-1214-4063	Firmado electrónicamente por: JMEDINACAR el 18-11-2024 10:08:37

Código documento Trilce: TRI - 0909451

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor .....	ii
Declaratoria de originalidades de los autores .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	4
III. RESULTADOS.....	8
IV. CONCLUSIONES.....	15
REFERENCIAS	
ANEXOS	

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Palabras clave empleadas en las bases de datos.....</i>	4
<b>Tabla 2.</b> <i>Artículos científicos encontrados de forma general.....</i>	5
<b>Tabla 3.</b> <i>Criterios de inclusión para la selección de los artículos .....</i>	5
<b>Tabla 4.</b> <i>Artículos científicos seleccionados para la investigación .....</i>	6
<b>Tabla 5.</b> <i>Capacidad de identificación de las técnicas químicas según el tipo de microplástico evaluado en cuerpos de agua.....</i>	8
<b>Tabla 6.</b> <i>Tamaño de microplásticos más reportados según el tipo de técnica .....</i>	11
<b>Tabla 7.</b> <i>Evaluar los principales lugares donde se han determinado la presencia de microplásticos .....</i>	12

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Investigaciones de acceso libre recolectada en el periodo de estudio.....</i>	6
<b>Figura 2.</b> <i>Técnicas químicas de identificación de MP en cuerpos de agua.....</i>	9
<b>Figura 3.</b> <i>Identificación de MP por tipo de técnica .....</i>	10
<b>Figura 4.</b> <i>Cuerpos de agua con presencia de MP reportados.....</i>	12
<b>Figura 5.</b> <i>Zonas de estudio donde se han determinado la presencia de MP .....</i>	14

## Resumen

La contaminación por plásticos en los diversos cuerpos de agua, se ha catalogado como un problema a nivel global, debido a los efectos que provoca no solo en los ecosistemas, sino también en la salud de los seres humanos, es por ello que se requieren técnicas analíticas para identificar y caracterizar dichas partículas. Se evaluaron las técnicas de identificación de microplásticos en cuerpos de agua contaminados, investigación que se alinea con el ODS N°13 “Acción por el clima” específicamente la meta 13.3. Se realizó una revisión sistemática sin meta análisis utilizando artículos provenientes de las bases de datos Science direct, Scopus, EBSCOhost, Web of Science y Scielo, que después de aplicar criterios de inclusión finalmente se utilizaron 25 artículos. Los resultados evidencian el empleo de las técnicas analíticas FTIR, FTIR-ATR, Espectroscopia Raman (RS) y  $\mu$ FTIR-FPA, en proporciones de 48%, 26%, 22% y 4% respectivamente, asimismo se detectó la presencia de polietileno (PE), polipropileno (PP) y tereftalato de polietileno (PET) en proporciones de 100%, 73% y 55%. Se concluye que, entre las técnicas más utilizadas se tiene a FTIR y sus variantes, debido a la capacidad para detectar PE, PP y PET en proporciones significativas, constituyendo herramientas efectivas en su identificación.

**Palabras clave:** Microplásticos, técnicas, identificación, agua, FTIR.

## **Abstract**

Plastic pollution in various bodies of water has been classified as a global problem, due to the effects it causes not only on ecosystems, but also on the health of human beings, which is why techniques are required. analytical to identify and characterize these particles. Techniques for identifying microplastics in contaminated bodies of water were evaluated, research that is aligned with SDG No. 13 “Climate Action” specifically goal 13.3. A systematic review without meta-analysis was carried out using articles from the Science direct, Scopus, EBSCOhost, Web of Science and Scielo databases; after applying inclusion criteria, 25 articles were finally used. The results show the use of the analytical techniques FTIR, FTIR-ATR, Raman Spectroscopy (RS) and  $\mu$ FTIR-FPA, in proportions of 48%, 26%, 22% and 4% respectively, the presence of polyethylene (PE) was also detected, polypropylene (PP) and polyethylene terephthalate (PET) in proportions of 100%, 73% and 55%. It is concluded that among the most used techniques is FTIR and its variants, due to the ability to detect PE, PP and PET in significant proportions, constituting effective tools in their identification.

**Keywords:** Microplastics, techniques, identification, water, FTIR.



## I. INTRODUCCIÓN

La demanda del plástico a nivel global presentó un incremento desmedido con el paso de los años (Li et al. 2023), tal es así que en el año 2014 se superaron los 300 millones de Tn anuales y en el 2021 se alcanzó un máximo de 390,7 millones de Tn (Jahanpeyma y Baranya, 2024). Su excesivo empleo y su inadecuada gestión generan escapes significativos al medio ambiente, resultando en una contaminación plástica a nivel mundial (Hale et al., 2020).

Los plásticos se desintegran en microplásticos (MP) y nanoplásticos (NP) por medio de procesos fotooxidativos, durante la fase de degradación (Makhdoumi et al., 2021), lo cual abarca diversos entornos acuáticos, desde ecosistemas marinos hasta cuerpos de agua dulce (Al-Alwan et al., 2024), siendo el entorno acuático a través de múltiples vías, la forma más común de contaminación por la actividad antropogénica (Biswas y Pal, 2024). Una vez en el entorno acuático, los MP pueden persistir durante periodos prolongados, acumularse en organismos vivos y potencialmente transferirse entre diferentes niveles de la cadena alimentaria (Nyaga et al. 2024).

Debido a su pequeño tamaño, estos pueden ser ingeridos por una amplia gama de organismos, que no pueden distinguir entre sus nutrientes y las partículas (Dong et al., 2021), estudios han indicado su presencia en peces de consumo humano (Karbalaee et al., 2019), lo que respalda la posibilidad de que las personas ingieran de manera directa e involuntaria, otras rutas de exposición son por la inhalación (a través de los pulmones) y potencialmente por contacto directo con la piel (Kutralam et al., 2023), estas al concentrarse en el cuerpo humano conllevan riesgos potenciales para la salud (Winiarska, Jutel y Zemelka-Wiacek, 2024).

Asimismo, la presente revisión de literatura promueve el ODS N°13 “Acción por el clima” específicamente la meta 13.3., al proporcionar conocimientos esenciales sobre aquellas técnicas que permiten identificar la presencia de estas partículas plásticas en los diversos cuerpos de agua, esto permite

desarrollar estrategias más efectivas para proteger los ecosistemas acuáticos y, en consecuencia, mitigar los efectos adversos del cambio climático.

Para evaluar eficazmente los riesgos de los MP para el entorno acuático y la salud humana se requieren métodos analíticos rigurosos, que generalmente siguen varios pasos que incluyen muestreo, extracción, separación, identificación y cuantificación (Ahmed et al., 2021). En los últimos 10 años se han utilizado y propuesto numerosas técnicas para detectar y enumerar los MP, estas se realizan dependiendo de las propiedades físicas (tamaño, forma y color) y características químicas (tipo de polímero) (Prabhu, Pan y Krishnan 2022), dicha composición química se confirma mediante la utilización de FT-IR, técnicas de espectroscopía Raman y (Pyro-GCMS) técnicas de cromatografía de gases de pirólisis-espectrometría de masas (Vairaperumal, Selvaraj y Chakraborty, 2024).

Se definió como problema de investigación, ¿Cuáles son las técnicas de mayor aceptación para la identificación de microplásticos presentes en cuerpos de agua?

A continuación, se detallan las teorías pertinentes en relación con esta investigación.

La expresión "microplástico" (MPs) fue acuñada por primera vez en 2004 por Thompson para referirse a diminutos fragmentos de plástico (<50  $\mu\text{m}$ ) hallados en el agua y los sedimentos marinos del Mar Mediterráneo (Godoy Calero 2021). Posteriormente, Arthur en 2009 propuso un límite de tamaño máximo de 5 mm para los MP (Hassan et al. 2024). En la actualidad el tamaño de los MP varía de 1  $\mu\text{M}$  a 5 mm de tamaño (Munyanza et al., 2022). Para la identificación de estos, se recomienda técnicas espectroscópicas, termoanalíticas y químicas que proporcionan información útil sobre los enlaces químicos y la composición elemental de las partículas, sin embargo, es importante recalcar que, se debe seleccionar el método más apropiado para el análisis de MP en función del objetivo de cada investigación (Karimi et al. 2023).

La presente investigación surge ante la preocupación por la contaminación causada por los microplásticos en los cuerpos de agua, se hace imperativa la búsqueda de técnicas avanzadas y precisas en el análisis químico para identificar estas partículas. En este sentido se pretende aportar información crucial sobre las técnicas más efectivas para la detección y caracterización de microplásticos, lo que abre la puerta a futuras investigaciones en este campo. En términos prácticos, la revisión bibliográfica evaluará la eficacia de diversas técnicas, considerando el tipo, tamaño y lugares de estudio más reportados, esto permitirá optimizar los métodos de identificación, haciendo que sean más eficientes. Desde una perspectiva ambiental, la investigación es crucial para preservar la biodiversidad acuática y la salud de los ecosistemas naturales, ya que los microplásticos causan daños físicos y toxicológicos a la fauna acuática, alteran los equilibrios ecológicos y degradan la calidad del agua, poniendo en riesgo la sostenibilidad de los ecosistemas. Desde el enfoque social, la investigación es esencial para proteger la salud pública, debido que los microplásticos, al fragmentarse, pueden ingresar al cuerpo humano a través del agua contaminada, productos marinos y otras vías de exposición, causando diversos problemas de salud. Respecto a la parte metodológica, se realizó una revisión de literatura exhaustiva y selectiva, priorizando aquellos que presentaban información actualizada y rigurosa respecto al objetivo de la investigación, obteniendo datos precisos que pueden ser aplicadas en futuras investigaciones.

Es por ello que, se propuso como objetivo general, Evaluar las técnicas de identificación de microplásticos presentes en cuerpos de agua. Además, como objetivos específicos, evaluar la capacidad de identificación de las técnicas químicas según el tipo de microplástico evaluado en cuerpos de agua, evaluar el tamaño de micropartícula identificado según el tipo de cuerpo de agua contaminado y evaluar los principales lugares donde se han determinado la presencia de microplásticos.

## II. METODOLOGÍA

**Enfoque de la revisión de literatura:** Se realizó una revisión sistemática sin meta análisis a través de una búsqueda de artículos científicos enfocados en las técnicas de identificación de microplásticos presentes en cuerpos de agua, este análisis abarcó diversas dimensiones como, el tipo de microplásticos reportados, tamaño de las partículas y lugares con la presencia de los mismos. Esta exploración de los diversos estudios proporcionó un análisis detallado y preciso del tema en cuestión, al revisarlos no solo permitió comprender el problema de desde una perspectiva global sino también identificar como las dimensiones mencionadas son aspectos importantes en el empleo de las técnicas de identificación de microplásticos.

**Selección de fuentes y bases de datos:** Se recopiló información de artículos científicos de las bases de datos Science direct, Scopus, EBSCOhost, Web of Science y Scielo, abarcando el periodo comprendido entre enero de 2019 hasta junio de 2024. Además, se emplearon palabras clave de búsqueda que facilitaron la recopilación de la información.

**Tabla 1.** *Palabras clave empleadas en las bases de datos*

<b>Base de datos</b>	<b>Palabras clave</b>
Scopus	“Techniques, AND identification, AND microplastics, AND water”
Science direct	“Analytical, AND technique, AND identifying, AND microplastics, AND bodies, AND water”
EBSCOhost	“Techniques, AND chemicals, AND identification, AND microplastics, AND bodies, AND water”
Web of Science	“Techniques, AND chemicals, AND identification, AND microplastics, AND bodies, AND water”
Scielo	“Microplastics AND water”

Fuente: Elaboración propia

**Volumen de publicaciones realizadas:** Se obtuvieron alrededor de 2408 artículos de todas las bases de datos, a los cuales se les aplicó criterios de inclusión con la finalidad de seleccionar aquellos estudios que mejor se adaptan a la investigación.

**Tabla 2.** *Artículos científicos encontrados de forma general*

<b>Base de datos</b>	<b>N° de revistas</b>
Scopus	266
Science direct	2078
EBSCOhost	36
Web of Science	15
Scielo	13
<b>Total</b>	<b>2408</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.** *Criterios de inclusión para la selección de artículos*

<b>Criterios de inclusión</b>	
Idioma	Inglés, portugués
Tipo de artículo	Científico
Tipo de revista	Indexada
Tipo de acceso	Acceso abierto
Área de estudio	Cuerpos de agua
Periodo de publicación	2019 - 2024

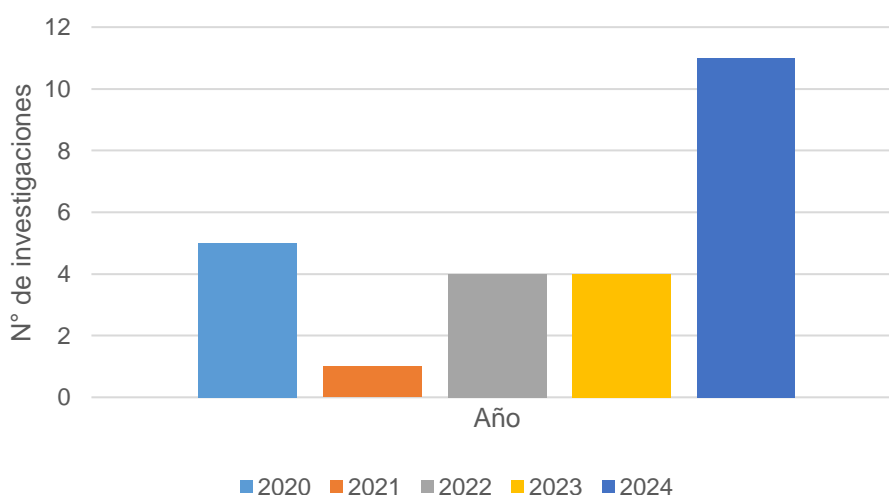
Fuente: Elaboración propia

El número de artículos identificados inicialmente se redujo a 526, mismas que al aplicar el tercer filtro de exclusión de investigaciones duplicadas y que no estén alineadas a los objetivos del estudio, dando como resultado 25 artículos para el análisis de la información.

**Tabla 4.** Artículos científicos seleccionados para la investigación

Base de datos	N° de revistas
Science direct	9
Scopus	8
EBSCOhost	5
Web of Science	2
Scielo	1
<b>Total</b>	<b>23</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 1.** Investigaciones de acceso libre recolectada en el periodo de estudio

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Desde el año 2020 hasta 2024 se realizaron diversas investigaciones sobre técnicas de identificación de MP en cuerpos de agua. En 2020, el 20% del total de artículos se publicaron en este campo, pero en 2021 se observó una notable disminución del 16%, lo que se podría atribuir a la pandemia de COVID-19 que afectó globalmente a diversas actividades. Durante el 2022 y 2023 se obtuvo la misma proporción que es del 16% y para el 2024 hubo un aumento significativo alcanzando un 44% esta tendencia sugiere una recuperación y crecimiento en la capacidad y recursos destinados a la investigación en este ámbito.

**Consideraciones éticas y de integridad científica:** Se consideró el respeto hacia la propiedad intelectual, es decir, que cada fuente que se utilizó para fundamentar la investigación fue debidamente citada en base a la ISO: 690 respetando así el derecho de los autores originales. Además, la información fue recopilada y procesada de manera objetiva, utilizando métodos rigurosos y estándares reconocidos en la comunidad científica, honrando no solo el trabajo y las contribuciones de otros investigadores, sino también garantizando la integridad y validez de nuestros propios hallazgos.

### III. RESULTADOS

**Tabla 5.** Capacidad de identificación de las técnicas químicas según el tipo de MP evaluado en cuerpos de agua

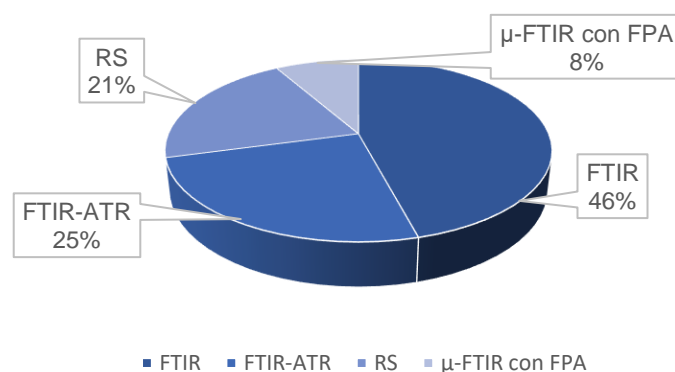
N°	Autores	Microplástico			Nombre de la técnica
		PE	PP	PET	
1	Adi et al. (2024)	x	x	x	FTIR
2	Celis et al. (2023)	x	-	x	FTIR
3	Irfan et al. (2020)	x	x	-	FTIR
4	Markic et al. (2022)	x	x	-	FTIR
5	Marcus et al. (2024)	x	-	x	FTIR
6	Pradit et al. (2023)	x	x	x	FTIR
7	León et al. (2020)	x	x	-	FTIR
8	Islam et al. (2024)	x	x	-	FTIR
9	Mia et al. (2024)	x	x	-	FTIR
10	Yuan et al. (2023)	x	-	x	FTIR
11	Karaoğlu y Gül (2020)	x	x	x	FTIR
12	Wakkaf et al. (2020)	x	x	x	FTIR-ATR
13	Jain et al. (2024)	x	x	x	FTIR-ATR
14	Al-Tarshi et al. (2024)	x	x	-	FTIR-ATR
15	Deakin et al. (2024)	x	x	-	FTIR-ATR
16	Sulistiyowati et al. (2022)	x	x	x	FTIR-ATR, $\mu$ -FTIR
17	Olarinmoye et al. (2020)	x	x	-	FTIR-ATR, $\mu$ FTIR
18	Donato et al. (2024)	x	x	-	RS
19	Latcheman et al. (2024)	x	x	-	RS
20	Perraki et al. (2024)	x	x	x	$\mu$ -Raman
21	Tran-Nguyen et al. (2024)	x	x	x	$\mu$ -Raman
22	Bertoldi et al. (2021)	x	x	-	$\mu$ -Raman, $\mu$ -FTIR
23	Leistenschneider et al. (2024)	x	x	-	$\mu$ -FTIR con FPA
24	Gunaalan et al. (2023)	x	x	x	$\mu$ -FTIR con FPA

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Se han realizado diversas investigaciones sobre las técnicas de detección utilizadas en la identificación de MP en diversas matrices ambientales, siendo los cuerpos de agua no ajena a ello. En la tabla N° 5 se

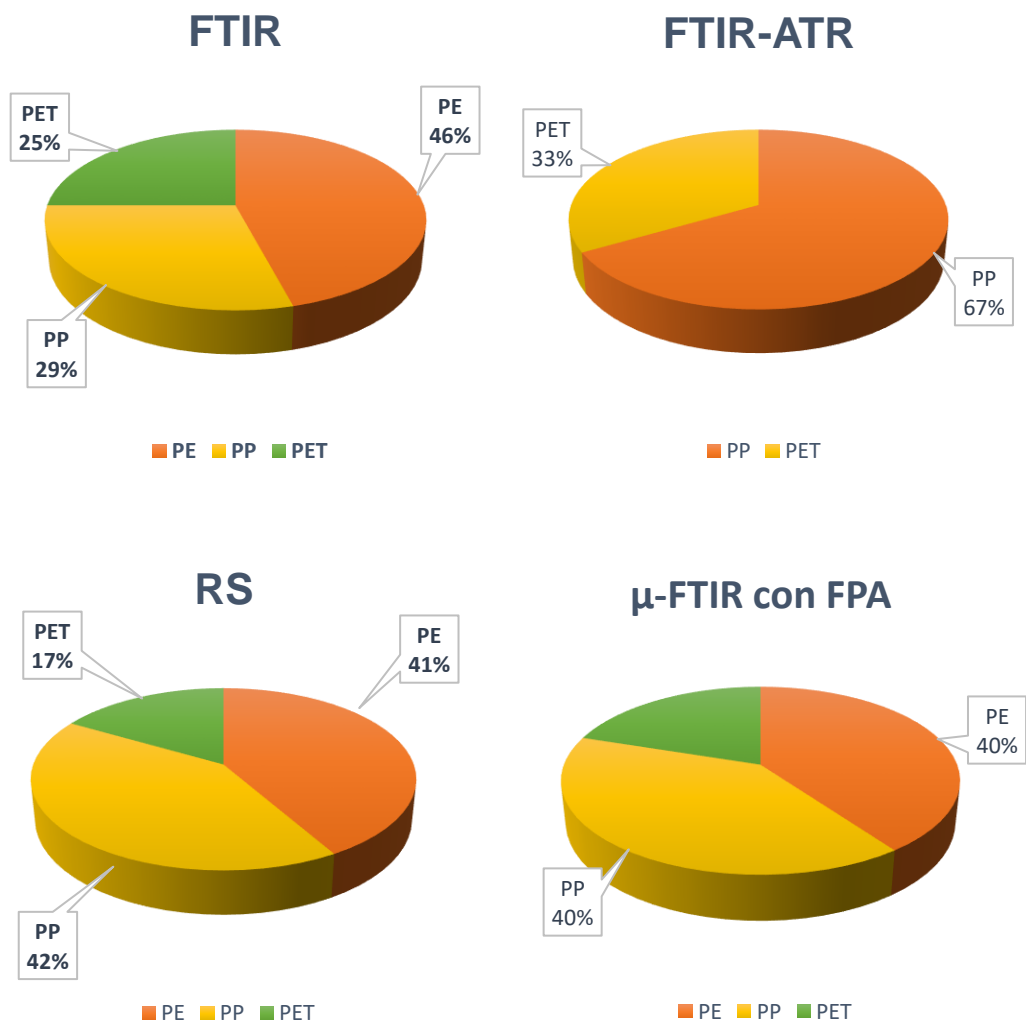


observa que, al aplicar la técnica Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), se detectó la presencia de PE en el 100% de los casos, PP en el 73% y PET en el 55% de los casos, estos resultados fueron confirmados por Fan *et al.* (2021) que identificó componentes de la mezcla de MP que contienen PE, PP, PET, entre otros. Asimismo, mediante Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier y Reflectancia Total Atenuada (FTIR-ATR) se detectó partículas de PE y PP en el 100% de los casos y un 50% de PET, esta técnica proporciona un espectro molecular de huellas dactilares, sumado a la ventaja de ser simples, rápidas y no destructivas (Circelli et al. 2024). Además, al emplear FTIR-ATR y Micro-FTIR ( $\mu$ -FTIR) a la misma vez, identifica la presencia de PE y PP en un 100% y PET en un 50%. Dentro del grupo FTIR, se deslinda la subtécnica  $\mu$ -FTIR, la cual realiza una identificación precisa y consistente para el polímero de PE (Yang et al. 2023). Otra de las técnicas usadas en este campo es Espectroscopia Raman (RS), el cual identificó MP de PE y PP en el 100% de los casos y para PET 40%, este enfoque no sólo proporciona información sobre la morfología microscópica de las muestras, sino que también obtiene información espectral gracias a su resolución de microárea confocal de hasta 1  $\mu$ m (Xue et al. 2024). Por último, la técnica  $\mu$ FTIR – con matriz de plano focal (FPA) encontró las mismas proporciones de MP para PE y PP en un 100% y para PET un 50%, esta técnica combina el análisis químico y óptico para identificar/cuantificar MP pequeños, además, proporciona datos imparciales debido a que evita la clasificación previa de MP (Vianello et al. 2019).



**Figura 2.** Técnicas químicas de identificación de MP en cuerpos de agua

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3.** Identificación de MP por tipo de técnica

Fuente: Elaboración propia

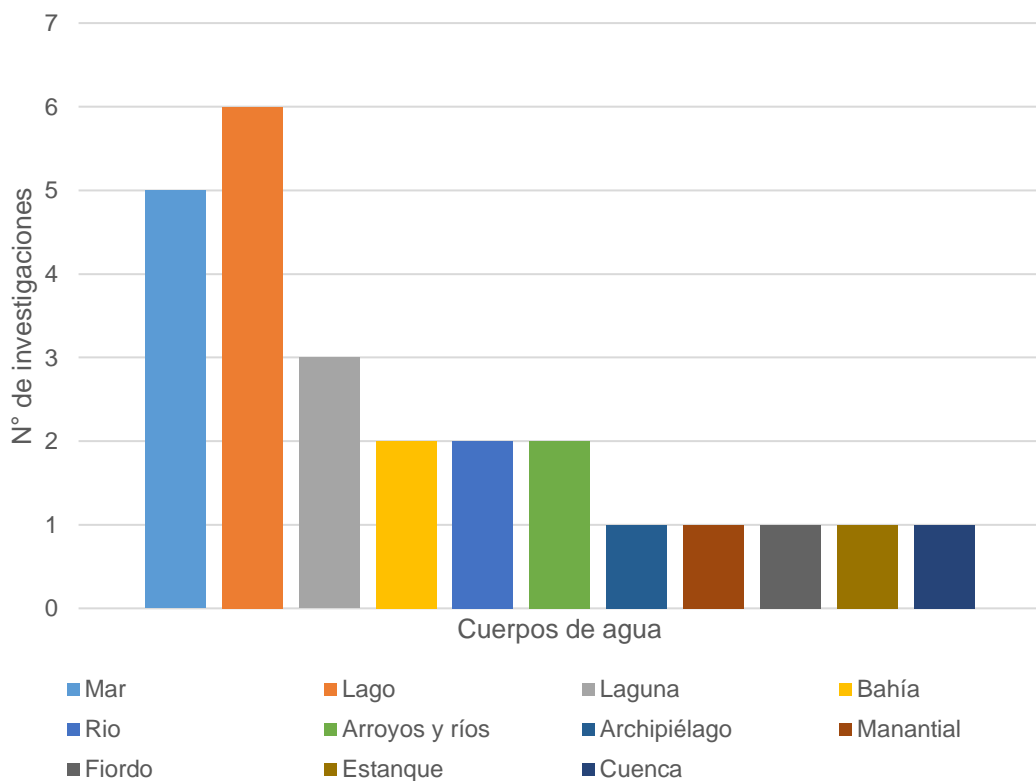
**Tabla 6.** *Tamaño de MP identificados según el tipo de cuerpo de agua*

N°	Autores	Cuerpo de agua	Tamaño (µm)
1	Yuan et al. (2023)	Mar	
2	Donato et al. (2024)	Mar	10 - 5000
3	Leistenschneider et al. (2024)	Mar	
4	Deakin et al. (2024)	Mar	
5	Gunaalan et al. (2024)	Mar	
6	Irfan et al. (2020)	Lago	
7	Islam et al. (2024)	Lago	
8	Jain et al. (2024)	Lago	20 - 2000
9	Olarinmoye et al. (2020)	Lago	
10	Bertoldi et al. (2021)	Lago	
11	Tran-Nguyen et al. (2022)	Lago	
12	Celis et al. 2023	Laguna	
13	Wakkaf et al. (2020)	Laguna	65 - 5000
14	Al-Tarshi et al. (2024)	Laguna	
15	Pradit et al. (2023)	Rio	
16	Sulistyowati et al. (2022)	Rio	63–1000
	de Souza, da Silva y de		
17	Oliveira (2023)	Arroyos y ríos	300 - 5000
18	Mia et al. (2024)	Bahía	
19	Digambari et al. (2024)	Bahía	1000 - 1630
20	Adi et al. (2024)	Manantial	18
21	Markic et al. (2022)	Archipiélago	300 - 5000
22	Karaoğlu y Gül. (2020)	Estanque	132 - 1190
23	Perraki et al. (2022)	Cuenca	20 - 140
24	Marcus et al. (2024)	Fiordo	100 - 5000

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Respecto a los tamaños reportados en las investigaciones, la tabla N°6 indica que, en ambientes marinos, el rango oscila de 10 a 5000 µm, este predominio, cuyo rango se corrobora en otras muestras de agua de mar el cual fue de 1000 a 1100 µm (Nakano et al. 2024). Además, se informaron altas concentraciones de MP en cuerpos de agua como lagos (Bashir y Hashmi

2022), los cuales presentan tamaños desde 20 hasta 2000  $\mu\text{m}$ . La presencia de MP se evidencia en lagunas, desde 65 hasta 5000  $\mu\text{m}$  y en ríos desde 63 a 1000  $\mu\text{m}$  y en arroyos y ríos en rangos de 300 a 5000  $\mu\text{m}$ , el obtener esta información proporciona datos que permite un mejor análisis respecto a la contaminación por plásticos y otros desechos que terminaron en el océano (Lin et al. 2024). En el caso de bahías, existen MP de 1000 a 1630, pero tan bien partículas de mayor tamaño con el límite de 5000  $\mu\text{m}$  (Nitzberg et al. 2024). En manantiales, un tamaño de MP específico de alrededor de 18  $\mu\text{m}$  y para archipiélago, a partir de 300 a 5000, en estanques entre 132 a 1190  $\mu\text{m}$ , para cuencas partículas de menor de tamaño que oscila de 20 a 140 y finalmente, en fiordos un rango de 100 a 5000  $\mu\text{m}$ .



**Figura 4.** *Cuerpos de agua con presencia de MP reportados*

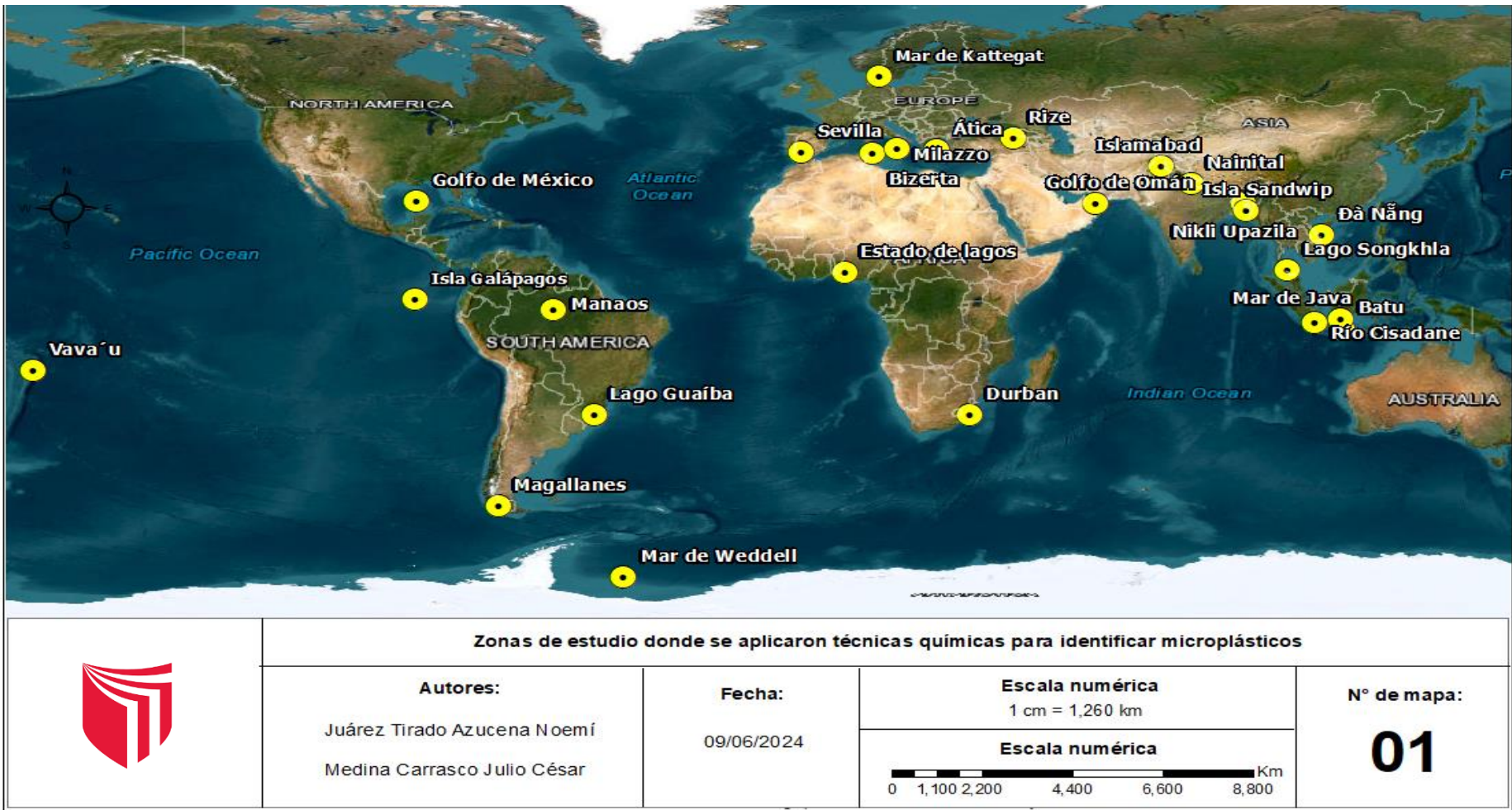
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.** Principales lugares donde se han determinado la presencia de microplásticos

N°	Autor	Zona de estudio	País	Continente
1	Adi et al. (2024)	Batu		
2	Yuan et al. (2023)	Mar de Java	Indonesia	
3	Sulistiyowati et al. (2022)	Cisadane		
4	Mia et al. (2024)	Isla Sandwip	Bangladesh	
5	Islam et al. (2024)	Nikli Upazila		
6	Jain et al. (2024)	Nainital	India	Asia
7	Irfan et al. (2020)	Islamabad	Pakistán	
8	Tran-Nguyen et al. (2022)	Da Nang	Vietnam	
9	Al-Tarshi et al. (2024)	Golfo de Omán	Omán	
10	Pradit et al. (2023)	Songkhla	Tailandia	
11	Bertoldi et al. (2021)	Porto Alegre	Brasil	
12	De-Souza et al. (2023)	Manaos		
13	Deakin et al. (2024)	Isla Galápagos	Ecuador	América
14	Marcus et al. (2024)	Magallanes	Chile	
15	Celis et al. 2023	Golfo de México	México	
16	Donato et al. (2024)	Milazzo	Italia	
17	León et al. (2020)	Sevilla	España	
18	Perraki et al. (2022)	Ática	Grecia	Europa
19	Gunaalan et al. (2024)	Mar de Kattegat	Dinamarca	
20	Karaoğlu y Gül. (2020)	Rize	Turquía	
21	Olarinmoye et al. (2020)	Lagos	Nigeria	
22	Wakkaf et al. (2020)	Bizerta	Túnez	África
23	Digambari et al. (2024)	Durban	Sudáfrica	
24	Leistenschneider et al. (2024)	Mar de Weddell	Antártida	Antártida
25	Markic et al. (2022)	Vava'u	Tonga	Oceanía

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Los principales lugares donde se ha detectado la presencia de MP, abarca una variedad de zonas de estudio en diferentes continentes, siendo Asia el predominante, representado por el 40%, asimismo, Indonesia es el país que abarca mayor cantidad de estudios en sus diferentes cuerpos de agua (Hakim et al. 2023). América y Europa el 20%, África el 12%, Antártida y Oceanía el 4%, es decir, que en base al estudio realizado y en comparación con los otros continentes son los que menos investigaciones tienen.



**Figura 5.** Zonas de estudio donde se han determinado la presencia de MP

Fuente: Tabla N°7

#### IV. CONCLUSIONES

- Las técnicas que muestran mayor capacidad de identificación de microplásticos son FTIR, FTIR-ATR, Espectroscopia Raman (RS), y  $\mu$ FTIR-FPA, respectivamente, siendo FTIR la técnica que logró detectar polietileno (PE), polipropileno (PP) y tereftalato de polietileno (PET) en proporciones significativas.
- Los microplásticos están presentes en diversos cuerpos de agua, tanto marinos como continentales, con tamaños que varían ampliamente. En ambientes marinos, oscilan entre 11 y 5000  $\mu$ m, y en cuerpos de agua como lagos, ríos y lagunas, se observan tamaños similares, desde menos de 20  $\mu$ m hasta 5000  $\mu$ m.
- En base a la revisión de los artículos se determinó que los continentes en donde se han identificado mayor presencia de microplásticos son Asia, América, Europa y África, respectivamente, siendo Indonesia y Bangladesh los países en donde destacan el número de investigaciones realizadas en los cuerpos de agua.

## REFERENCIAS

- ADI, Y., PRAMUDIA, Z., DWI SUSANTI, Y.A. y KURNIAWAN, A., 2024. Analysis of microplastics in spring water. *Emerging Contaminants* [en línea], vol. 10, no. 1, ISSN 2405-6650. DOI 10.1016/J.EMCON.2023.100277. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2023.100277>
- AHMED, M.B., RAHMAN, M.S., ALOM, J., HASAN, M.S., JOHIR, M.A.H., MONDAL, M.I.H., LEE, D.Y., PARK, J., ZHOU, J.L. y YOON, M.H., 2021. *Microplastic particles in the aquatic environment: A systematic review* [en línea]. 2021. S.I.: s.n. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145793>
- AL-TARSHI, M., DOBRETSOV, S. y GALLARDO, W., 2024. Marine litter and microplastic pollution in mangrove sediments in the Sea of Oman. *Marine Pollution Bulletin* [en línea], vol. 201, ISSN 0025-326X. DOI 10.1016/J.MARPOLBUL.2024.116132. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116132>
- BASHIR, A. y HASHMI, I., 2022. Detection in influx sources and estimation of microplastics abundance in surface waters of Rawal Lake, Pakistan. *Heliyon* [en línea], vol. 8, no. 3, ISSN 2405-8440. DOI 10.1016/J.HELIYON.2022.E09166. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09166>
- BERTOLDI, C., LARA, L.Z., MIZUSHIMA, F.A. de L., MARTINS, F.C.G., BATTISTI, M.A., HINRICHS, R. y FERNANDES, A.N., 2021. First evidence of microplastic contamination in the freshwater of Lake Guaíba, Porto Alegre, Brazil. *Science of the Total Environment*, vol. 759, ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.143503. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143503>
- BISWAS, T. y PAL, S.C., 2024. Emerging threats of microplastics on marine environment: A critical review of toxicity measurement, policy practice gap and future research direction. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 434, ISSN 0959-6526. DOI 10.1016/J.JCLEPRO.2023.139941. Disponible en:



<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139941>

CELIS, O., ÁVILA, E., RENDÓN-VON OSTEN, J., BRICEÑO-VERA, E.A., BORGES-RAMÍREZ, M.M., GÓMEZ-PONCE, A.M. y CAPPARELLI, V.M., 2023. Environmental risk of microplastics in a Mexican coastal lagoon ecosystem: Anthropogenic inputs and its possible human food risk. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 879, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2023.163095. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163095>

CIRCELLI, L., CHENG, Z., GARWOOD, E., YUKSEL, K., DI IORIO, E., ANGELICO, R. y COLOMBO, C., 2024. Comparison of ATR-FTIR and NIR spectroscopy for identification of microplastics in biosolids. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 916, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2024.170215. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170215>

DE SOUZA, G.R., DA SILVA, N.M. y DE OLIVEIRA, D.P., 2023. Distribuição longitudinal, vertical e temporal de microplásticos no Igarapé do Mindu em Manaus, Amazonas. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* [en línea], vol. 28, [consulta: 15 noviembre 2024]. ISSN 1413-4152. DOI 10.1590/S1413-415220220234. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/esa/a/5DztfybFhR3jmzVwhGYbZvf/?lang=pt>

DEAKIN, K., SAVAGE, G., JONES, J.S., PORTER, A., MUÑOZ-PÉREZ, J.P., SANTILLO, D. y LEWIS, C., 2024. Sea surface microplastics in the Galapagos: Grab samples reveal high concentrations of particles <200 µm in size. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 923, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2024.171428. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171428>

DONATO, A., SPADARO, D., GIUFFRIDA, D., SABATINO, G., DI BELLA, M., TRUSSO, S. y PONTERIO, R.C., 2024. Monitoring plastic pellet pollution in coastal environments through handheld Raman spectroscopy: Data from the Mediterranean coasts (Southern Italy). *Marine Pollution Bulletin* [en línea], vol. 202, ISSN 0025-326X. DOI 10.1016/J.MARPOLBUL.2024.116312. Disponible

en:

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116312>

DONG, H., CHEN, Y., WANG, J., ZHANG, Y., ZHANG, P., LI, X., ZOU, J. y ZHOU, A., 2021. *Interactions of microplastics and antibiotic resistance genes and their effects on the aquaculture environments*. 2021. S.l.: s.n. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123961>

GODOY CALERO, V., 2021. *Origen, caracterización e impacto de los microplásticos presentes en el medio ambiente. Aplicación a la provincia de Granada (España)* [en línea]. Tesis de doctorado. España: Universidad de Granada. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10481/69067>

GUNAALAN, K., ALMEDA, R., LORENZ, C., VIANELLO, A., IORDACHESCU, L., PAPACHARALAMPOS, K., ROHDE KIÆR, C.M., VOLLERTSEN, J. y NIELSEN, T.G., 2023. Abundance and distribution of microplastics in surface waters of the Kattegat/ Skagerrak (Denmark). *Environmental Pollution* [en línea], vol. 318, ISSN 0269-7491. DOI 10.1016/J.ENVPOL.2022.120853. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120853>

HAKIM, L., ASMARA, A.A., PRIAMBODO, R.Y. y WONG, Y.J., 2023. Microplastic pollution profile in the Indian Ocean of the Southern Java Island, Indonesia. *Environmental Challenges* [en línea], vol. 13, ISSN 2667-0100. DOI 10.1016/J.ENVC.2023.100786. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100786>

HALE, R.C., SEELEY, M.E., LA GUARDIA, M.J., MAI, L. y ZENG, E.Y., 2020. *A Global Perspective on Microplastics* [en línea]. 1 enero 2020. S.l.: Blackwell Publishing Ltd. Disponible en: <https://doi.org/10.1029/2018JC014719>

HASSAN, I., SETHUPATHI, S., BASHIR, M.J.K., MUNUSAMY, Y. y CHAN, C.W., 2024. *A systematic review of microplastics occurrence, characteristics, identification techniques and removal methods in ASEAN and its future prospects* [en línea]. 2024. S.l.: s.n. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.112305>

IRFAN, T., KHALID, S., TANEEZ, M. y HASHMI, M.Z., 2020. Plastic driven pollution in Pakistan: the first evidence of environmental exposure to microplastic in sediments and water of Rawal Lake. *Environmental Science and Pollution Research* [en línea], vol. 27, no. 13, ISSN 16147499. DOI 10.1007/S11356-020-07833-1/METRICS. Disponible en:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-07833-1>

ISLAM, A.R.M.T., HASAN, M., SADIA, M.R., MUBIN, A.N., ALI, M.M., SENAPATHI, V., IDRIS, A.M. y MALAFAIA, G., 2024. Unveiling microplastics pollution in a subtropical rural recreational lake: A novel insight. *Environmental Research* [en línea], vol. 250, ISSN 10960953. DOI 10.1016/j.envres.2024.118543. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118543>

JAHANPEYMA, P. y BARANYA, S., 2024. *A Review of Microplastic Identification and Characterization Methods in Aquatic Environments* [en línea]. 18 marzo 2024. S.l.: Budapest University of Technology and Economics. Disponible en:  
<https://doi.org/10.3311/PPci.22886>

JAIN, Y., GOVINDASAMY, H., KAUR, G., AJITH, N., RAMASAMY, K., R.S., R. y RAMACHANDRAN, P., 2024. Microplastic pollution in high-altitude Nainital lake, Uttarakhand, India. *Environmental Pollution* [en línea], vol. 346, ISSN 18736424. DOI 10.1016/j.envpol.2024.123598. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123598>

KARAOĞLU, K. y GÜL, S., 2020. Characterization of microplastic pollution in tadpoles living in small water-bodies from Rize, the northeast of Turkey. *Chemosphere* [en línea], vol. 255, ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/J.CHEMOSPHERE.2020.126915. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126915>

KARBALAEI, S., GOLIESKARDI, A., HAMZAH, H.B., ABDULWAHID, S., HANACHI, P., WALKER, T.R. y KARAMI, A., 2019. Abundance and characteristics of microplastics in commercial marine fish from Malaysia. *Marine Pollution Bulletin* [en línea], vol. 148, ISSN 18793363. DOI 10.1016/j.marpolbul.2019.07.072. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.072>

KARIMI, M.R., ROSTAMI, S., GHASEMIAN, M., KIENDREBEOGO, M., DROGUI, P. y TYAGI, R.D., 2023. Quantitative and qualitative identification, characterization, and analysis of microplastics and nanoplastics in water. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Microplastics and Nanoplastics: Occurrence, Environmental Impacts and Treatment Processes* [en línea], DOI 10.1016/B978-0-323-99908-3.00020-8. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99908-3.00020-8>

KUTRALAM, G., SHRUTI, V.C., PÉREZ-GUEVARA, F. y ROY, P.D., 2023. Microplastic diagnostics in humans: “The 3Ps” Progress, problems, and prospects. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 856, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2022.159164. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159164>

LATCHEMAN, D.D.S., RICHARDS, H., MADIKIZELA, L.M., NDUNGU, K., NEWMAN, B.K. y CHIMUKA, L., 2024. Occurrence, spatial distribution, and source apportionment of microplastics in Durban Bay, South Africa. *Regional Studies in Marine Science* [en línea], vol. 73, no. 1, ISSN 23524855. DOI 10.1016/J.RSMA.2024.103496. Disponible en:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eoh&AN=65909137&lang=es&site=ehost-live>

LEISTENSCHNEIDER, C., WU, F., PRIMPKE, S., GERDTS, G. y BURKHARDT-HOLM, P., 2024. Unveiling high concentrations of small microplastics (11–500 µm) in surface water samples from the southern Weddell Sea off Antarctica. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 927, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2024.172124. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172124>

LEÓN, D., PEÑALVER-DUQUE, P., CIUDAD TRILLA, C., MUÑOZ, M., INFANTE, O., GÜEMES SANTOS, S., PARRILLA GIRÁLDEZ, R. y SERRANO-MARTÍN, L., 2020. Primer muestreo de microplásticos en arroyos y ríos de la España peninsular. *Ecosistemas* [en línea], vol. 29, no. 3, ISSN 1697-2473. DOI 10.7818/ECOS.2087. Disponible en:

<https://doi.org/10.7818/ECOS.2087>

LI, H., ZHU, L., MA, M., WU, H., AN, L. y YANG, Z., 2023. Occurrence of microplastics in commercially sold bottled water. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 867, ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.161553. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161553>

LIN, H.T., SCHNEIDER, F., AZIZ, M.A., WONG, K.Y., ARUNACHALAM, K.D., PRAVEENA, S.M., SETHUPATHI, S., CHONG, W.C., NAFISYAH, A.L., PARTHASARATHY, P., CHELLIAPAN, S. y KUNZ, A., 2024. Microplastics in Asian rivers: Geographical distribution, most detected types, and inconsistency in methodologies. *Environmental Pollution* [en línea], vol. 349, ISSN 0269-7491. DOI 10.1016/J.ENVPOL.2024.123985. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123985>

MAKHDOUMI, P., AMIN, A.A., KARIMI, H., PIRSAHEB, M., KIM, H. y HOSSINI, H., 2021. Occurrence of microplastic particles in the most popular Iranian bottled mineral water brands and an assessment of human exposure. *Journal of Water Process Engineering* [en línea], vol. 39, ISSN 2214-7144. DOI 10.1016/J.JWPE.2020.101708. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101708>

MARCUS, L., MARDONES, J.I., RIOSECO, J.T., PINOCHET, J., MONTES, C., CORREDOR-ACOSTA, A., MORENO-MEYNARD, P., GARCÉS-VARGAS, J., JORQUERA, E., IRIARTE, J.L. y URBINA, M.A., 2024. Evidence of plastic pollution from offshore oceanic sources in southern Chilean Patagonian fjords. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 911, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2023.168706. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168706>

MARKIC, A., BRIDSON, J.H., MORTON, P., HERSEY, L., MAES, T. y BOWEN, M., 2022. Microplastic pollution in the surface waters of Vava'u, Tonga. *Marine Pollution Bulletin* [en línea], vol. 185, ISSN 0025-326X. DOI 10.1016/J.MARPOLBUL.2022.114243. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114243>

MIA, M.S., ISLAM, A.R.M.T., ALI, M.M., SIDDIQUE, M.A.B., PAL, S.C., IDRIS, A.M. y SENAPATHI, V., 2024. Microplastics in sediment and surface water from an island ecosystem in Bay of Bengal. *Regional Studies in Marine Science*, vol. 69, ISSN 23524855. DOI 10.1016/j.rsma.2023.103332. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103332>

MUNYANEZA, J., JIA, Q., QARAAH, F.A., HOSSAIN, M.F., WU, C., ZHEN, H. y XIU, G., 2022. *A review of atmospheric microplastics pollution: In-depth sighting of sources, analytical methods, physiognomies, transport and risks*. 2022. S.l.: s.n. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153339>

NAKANO, H., ALFONSO, M.B., JANDANG, S., PHINCHAN, N., CHAVANICH, S., VIYAKARN, V. y ISOBE, A., 2024. Influence of monsoon seasonality and tidal cycle on microplastics presence and distribution in the Upper Gulf of Thailand. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 920, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2024.170787. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170787>

NITZBERG, E.J., PARMAR, S., ARBUCKLE-KEIL, G., SABA, G.K., CHANT, R.J. y FAHRENFELD, N.L., 2024. Microplastic concentration, characterization, and size distribution in the Delaware Bay estuary. *Chemosphere* [en línea], vol. 361, ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/J.CHEMOSPHERE.2024.142523. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142523>

NYAGA, M.P., SHABAKA, S., OH, S., OSMAN, D.M., YUAN, W., ZHANG, W. y YANG, Y., 2024. Microplastics in aquatic ecosystems of Africa: A comprehensive review and meta-analysis. *Environmental Research* [en línea], vol. 248, ISSN 0013-9351. DOI 10.1016/J.ENVRES.2024.118307. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118307>

OLARINMOYE, O.M., STOCK, F., SCHERF, N., WHENU, O., ASENIME, C. y GANZALLO, S., 2020. Microplastic Presence in Sediment and Water of a Lagoon Bordering the Urban Agglomeration of Lagos, Southwest Nigeria. *Geosciences* 2020, Vol. 10, Page 494 [en línea], vol. 10, no. 12, ISSN 2076-3263. DOI

10.3390/GEOSCIENCES10120494. Disponible en:

<https://doi.org/10.3390/geosciences10120494>

PERRAKI, M., SKLIROS, V., MECAJ, P., VASILEIOU, E., SALMAS, C., PAPANIKOLAOU, I. y STAMATIS, G., 2024. Identification of Microplastics Using  $\mu$ -Raman Spectroscopy in Surface and Groundwater Bodies of SE Attica, Greece. *Water (20734441)* [en línea], vol. 16, no. 6, ISSN 2073-4441. DOI 10.3390/W16060843. Disponible en:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=176334147&lang=es&site=ehost-live>

PRABHU, P.P., PAN, K. y KRISHNAN, J.N., 2022. *Microplastics: Global occurrence, impact, characteristics and sorting* [en línea]. 2022. S.l.: s.n. Disponible en:

<https://doi.org/10.3389/fmars.2022.893641>

PRADIT, S., NOPPRADIT, P., SENGLOYLUAN, K., SUWANNO, P., TANRATTANAKUL, V., SORNPLANG, K., NUTHAMMACHOT, N., JITKAEW, P. y NITIRATSUWAN, T., 2023. Occurrence of Microplastics in River Water in Southern Thailand. *Journal of Marine Science and Engineering 2023, Vol. 11, Page 90* [en línea], vol. 11, no. 1, ISSN 2077-1312. DOI 10.3390/JMSE11010090. Disponible en:

<https://doi.org/10.3390/jmse11010090>

SULISTYOWATI, L., NURHASANAH, RIANI, E. y CORDOVA, M.R., 2022. The occurrence and abundance of microplastics in surface water of the midstream and downstream of the Cisadane River, Indonesia. *Chemosphere* [en línea], vol. 291, ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2021.133071. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133071>

TRAN-NGUYEN, Q.A., LE, T.M., NGUYEN, H.N.Y., NGUYEN, Q.T. y TRINH-DANG, M., 2024. Microplastics in the surface water of urban lakes in central Vietnam: Pollution level, characteristics, and ecological risk assessment. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, vol. 9, ISSN 26660164. DOI 10.1016/j.cscee.2024.100622. Disponible en:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eoah&AN=65160927&lang=es&site=ehost-live>



VAIRAPERUMAL, T., SELVARAJ, D. y CHAKRABORTY, P., 2024. Microplastic in the environment: sources, workflow, identification techniques, and impacts on human health. *Role of Green Chemistry in Ecosystem Restoration to Achieve Environmental Sustainability* [en línea], DOI 10.1016/B978-0-443-15291-7.00002-X. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15291-7.00002-X>

VIANELLO, A., JENSEN, R.L., LIU, L. y VOLLERTSEN, J., 2019. Simulating human exposure to indoor airborne microplastics using a Breathing Thermal Manikin. *Scientific Reports* 2019 9:1 [en línea], vol. 9, no. 1, ISSN 2045-2322. DOI 10.1038/s41598-019-45054-w. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-45054-w>

WAKKAF, T., EL ZRELLI, R., KEDZIERSKI, M., BALTI, R., SHAIK, M., MANSOUR, L., TLIG-ZOUARI, S., BRUZAUD, S. y RABAOUI, L., 2020. Characterization of microplastics in the surface waters of an urban lagoon (Bizerte lagoon, Southern Mediterranean Sea): Composition, density, distribution, and influence of environmental factors. *Marine Pollution Bulletin* [en línea], vol. 160, ISSN 18793363. DOI 10.1016/j.marpolbul.2020.111625. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111625>

WINIARSKA, E., JUTEL, M. y ZEMELKA-WIACEK, M., 2024. The potential impact of nano- and microplastics on human health: Understanding human health risks. *Environmental Research* [en línea], vol. 251, ISSN 0013-9351. DOI 10.1016/J.ENVRES.2024.118535. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118535>

XUE, Y., LU, H., FENG, S., KANG, J., GUAN, Y., LI, H., ZHANG, K. y WEISS, L., 2024. Standardization of monitoring data reassesses spatial distribution of aquatic microplastics concentrations worldwide. *Water Research* [en línea], vol. 254, ISSN 0043-1354. DOI 10.1016/J.WATRES.2024.121356. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121356>

YANG, J., MONNOT, M., SUN, Y., ASIA, L., WONG-WAH-CHUNG, P., DOUMENQ, P. y MOULIN, P., 2023. Microplastics in different water samples (seawater, freshwater, and wastewater): Methodology approach for characterization using



micro-FTIR spectroscopy. *Water Research* [en línea], vol. 232, ISSN 0043-1354. DOI 10.1016/J.WATRES.2023.119711. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119711>

YUAN, D., CORVIANAWATIE, C., CORDOVA, M.R., SURINATI, D., LI, Y., WANG, Z., LI, X., LI, R., WANG, J., HE, L., YUAN, A.N., DIRHAMSYAH, D., ARIFIN, Z., SUN, X. y ISOBE, A., 2023. Microplastics in the tropical Northwestern Pacific Ocean and the Indonesian seas. *Journal of Sea Research* [en línea], vol. 194, ISSN 13851101. DOI 10.1016/j.seares.2023.102406. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.seares.2023.102406>

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz general de los artículos seleccionados

N°	Autores	Tipo de técnica	Nombre de la técnica	Microplástico identificado			Tamaño (µm)	Cuerpo de agua	Zona de estudio	País
				PE	PP	PET				
1	Adi et al. (2024)	Química	FTIR	X	X	X	18	Manantial	Batu	Indonesia
2	Celis et al. 2023	Química	FTIR	X	-	X	65 - 5000	Laguna	Golfo de México	México
3	Irfan et al. (2020)	Química	FTIR	X	X	-	<1000	Lago	Islamabad	Pakistán
4	Markic et al. (2022)	Química	FTIR	X	X	-	300 - 5000	Archipiélago	Vava'u	Tonga
5	Marcos et al. (2024)	Química	FTIR	X	-	X	100 - 5000	Fiordo	Magallanes	Chile
6	Pradit et al. (2023)	Química	FTIR	X	X	X	63- 500	Rio	Songkhla	Tailandia
7	León et al. (2020)	Química	FTIR	X	X	-	----	Arroyos	Sevilla	España
8	Islam et al. (2024)	Química	FTIR	X	X	-	< 500	Lago	Nikli Upazila	Bangladesh
9	Mia et al. (2024)	Química	FTIR	X	X	-	1000 - 5000	Bahía	Isla Sandwip	Bangladesh
10	Yuan et al. (2023)	Química	FTIR	X	-	X	200 – 350	Mar	Mar de Java	Indonesia
11	Karaoğlu y Gül. (2020)	Química	FTIR	X	X	X	132 - 1190	Estanque	Rize	Turquía
12	Wakkaf et al. (2020)	Química	FTIR-ATR	X	X	X	<500	Laguna	Bizerta	Túnez
13	De-Souza et al. (2023)	Química	FTIR-ATR	-	-	-	300 - 5000	Arroyos y ríos	Manaos	Brasil
14	Jain et al. (2024)	Química	FTIR-ATR	X	X	X	20 - 1000	Lago	Nainital	India

15	Al-Tarshi et al. (2024)	Química	FTIR-ATR	X	X	-	1860 - 3170	Laguna	Golfo de Omán	Omán
16	Deakin et al. (2024)	Química	FTIR-ATR	X	X	-	50 - 1999	Mar	Isla Galápagos	Ecuador
17	Sulistiyowati et al. (2022)	Química	FTIR-ATR, $\mu$ -FTIR	X	X	X	500–1000	Rio	Cisadane	Indonesia
18	Olarinmoye et al. (2020)	Química	FTIR-ATR, $\mu$ -FTIR	X	X	-	100	Lago	Lagos	Nigeria
19	Donato et al. (2024)	Química	RS	X	X	-	<5000	Mar	Milazzo	Italia
20	Digambari et al. (2024)	Química	RS	X	X	-	1230 - 1630	Bahía	Durban	Sudáfrica
21	Perraki et al. (2022)	Química	$\mu$ -Raman	X	X	X	20 - 140	Cuenca	Ática	Grecia
22	Bertoldi et al. (2021)	Química	$\mu$ -Raman, $\mu$ -FTIR	X	X	-	100 - 250	Lago	Porto Alegre	Brasil
23	Tran-Nguyen et al. (2022)	Química	$\mu$ -Raman	X	X	X	<2000	Lago	Da Nang	Vietnam
24	Leistenschneider et al. (2024)	Química	$\mu$ FTIR-FPA	X	X	-	11 - 500	Mar	Mar de Weddell	Antártida
25	Gunaalan et al. (2024)	Química	$\mu$ FTIR-FPA	X	X	X	10 - 300	Mar	Mar de Kattegat	Dinamarca

Fuente: Elaboración propia