



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS COMPARATIVO DE MICROPLÁSTICOS ENTRE PLAYAS  
Y ESTUARIOS: UNA REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

AUTORA

Karla Daniela Espín Jácome

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS COMPARATIVO DE MICROPLÁSTICOS ENTRE PLAYAS Y  
ESTUARIOS: UNA REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniera Ambiental en Prevención y  
Remediación

Profesor Guía

Magister Indira Fernandina Black Solís

Autora

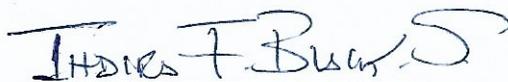
Karla Daniela Espín Jácome

Año

2020

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Análisis comparativo de microplásticos entre playas y estuarios: una revisión de la información existente, a través de reuniones periódicas con el estudiante Karla Daniela Espín Jácome, en el semestre 202020, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".




Indira Fernandina Black Solís

Magister en Conservación y Gestión del Medio Natural

C.I.: 1711273563

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Análisis comparativo de microplásticos entre playas y estuarios: una revisión de la información existente, de Karla Daniela Espín Jácome, en el semestre 202020, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



---

Viviana Pavlova Sigcha Terán  
Máster en Gestión Integral del Agua  
C.I.: 172221616-3

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Karla Daniela Espín Jácome', written over a horizontal line.

Karla Daniela Espín Jácome

C.I.: 1722734256

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme culminar esta hermosa etapa llena de conocimientos y buenas experiencias.

A mi madre Ana por todo el amor, sacrificio, preocupación y apoyo, por ser incondicional durante mi vida entera.

A Josué, por cada palabra de aliento, por acompañarme durante la realización de este trabajo contagiándome su positivismo.

A todos los docentes de la carrera por su entrega, dedicación y conocimiento compartido durante estos cinco años, especialmente a Indira Black, por todo el compromiso, ayuda y paciencia durante la realización de este trabajo. A Yasser González, Pavlova Sigcha y Christian Villamarín por sus consejos y recomendaciones.

## DEDICATORIA

Con todo cariño a mis padres Ana y Hugo, a mi segunda madre Wilma, a mis hermanos: Vladimir, Santiago y Daniel.

A Patricia, Valentina, Josué, Héctor, Carlos y Gabriela por creer en mí, por su apoyo constante, por escucharme y acompañarme siempre.

## RESUMEN

En los últimos trece años el problema de la contaminación por desechos plásticos se ha incrementado, la gran mayoría de estos desechos no tienen una correcta disposición final, por lo tanto, terminan en ecosistemas naturales donde debido a procesos de degradación se disocian convirtiéndose en lo que hoy se conoce como microplásticos (MPs). El impacto ambiental que estas micro partículas representan es mucho mayor que el de plásticos de proporciones mayores, debido a que sus pequeños tamaños (<5mm) hacen más compleja su identificación y remoción. Esta misma característica hace que sean capaces de: estar presentes en todas las matrices ambientales, ingresar a la cadena trófica mediante ingestión pudiendo bioacumularse y biomagnificarse a través de la misma, además, al ser micro partículas derivadas del petróleo actúan como vectores de otros contaminantes como hidrocarburos aromáticos policíclicos que resultan ser carcinógenos. Es por ello que conocer su distribución es de gran importancia para poder determinar su concentración, fuentes y posibles maneras de controlarlas.

A nivel mundial la problemática de los MPs es considerada objeto de estudio en varios países, sin embargo, en zonas costeras como estuarios y playas aún hacen falta muchas más investigaciones. En relación a la muestra el continente asiático es en el cual se han publicado más estudios con un 33%, seguido por Europa 29%, América del Sur 21% y América del Norte 17%.

Actualmente las metodologías de detección de MPs son variadas, no existe un protocolo estandarizado a nivel mundial, hay diferentes maneras de realizar los muestreos, análisis, incluso de presentar los resultados lo que dificulta la comparación de la ocurrencia de estas micro partículas. En el presente proyecto se analizan y describen las metodologías de veinticuatro estudios científicos realizados en los últimos diez años, haciendo comparaciones entre ellos y destacando aportaciones importantes de cada uno.

## ABSTRACT

In the last thirteen years the problem of plastic waste pollution has increased, the vast majority of these wastes do not have a correct final disposal, therefore, they end up in natural ecosystems where due to degradation processes they dissociate, becoming what today it is known as microplastics (MPs). The environmental impact that these micro particles represent is much greater than that of plastics of greater proportions, because their small sizes (<5mm) make their identification and removal more complex. This same characteristic makes them capable of: being present in all environmental matrices, entering the food chain through ingestion of fauna, being able to bioaccumulate and biomagnify through it, in addition, since they are particles derived from oil, they act as vectors for other contaminants such as polycyclic aromatic hydrocarbons that are carcinogens. That is why knowing its distribution is of great importance in order to determine its concentration, sources and possible ways of controlling them.

Globally, the problem of MPs is considered the object of study in several countries, however, in coastal areas such as estuaries and beaches, much more research is still needed. In relation to the sample, the Asian continent is the one where more studies have been published with 33%, followed by Europe 29%, South America 21% and North America 17%.

Currently, the detection methodologies for PMs are varied, there is no worldwide standardized protocol, there are different ways of sampling, analysis, and even of presenting the results, which makes it difficult to compare the occurrence of these microparticles. In this project, the methodologies of twenty-four scientific studies carried out in the last ten years are analyzed and described, making comparisons between them and highlighting important contributions from each one.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problemática.....	3
1.3 Objetivos del Proyecto .....	5
1.4 Alcance .....	5
1.5 Justificación .....	6
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	6
<b>3. RESULTADOS</b> .....	20
3.1 Análisis comparativo general .....	20
3.2 Análisis de las metodologías de muestreo .....	26
3.2.1 Análisis de las metodologías de muestreo utilizadas en playas .....	26
3.2.2 Análisis de las metodologías de muestreo utilizadas en estuarios .....	34
3.2.3 Análisis comparativo de las metodologías de muestreo .....	43
3.3 Análisis de las metodologías usadas en laboratorio .....	46
3.3.1 Análisis de las metodologías usadas en laboratorio para muestras de playa.....	46
3.3.2 Análisis de las metodologías usadas en laboratorio para muestras de estuarios.....	54
3.3.3 Análisis comparativo de las metodologías usadas en laboratorio para muestras de playas y estuarios .....	65
3.4 Análisis de los resultados .....	71
3.4.1 Análisis de los resultados en playas .....	71

3.4.2 Análisis de los resultados en estuarios .....	79
3.4.3 Análisis comparativo de los resultados en playas y estuarios .....	92
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>97</b>
4.1 Conclusiones .....	97
4.2 Recomendaciones .....	99
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>100</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

El primer plástico sintético, o polímero como se lo conoce formalmente, del que se tuvo conocimiento fue la bakelita, nombrada así por su inventor el químico estadounidense Leo Baekeland en el año 1909, a partir de ese instante el desarrollo de éstos ha sido imparable. Su durabilidad, bajo costo y peso ligero que lo hace ideal para transportar y conservar productos hicieron crecer su fama rápidamente y para el año 1930 los científicos comienzan a fabricar los polímeros modernos que ahora dominan la industria (García, 2009) y a la vez contaminan el medio ambiente.

Los polímeros son muy buenos aislantes, duraderos, moldeables, resistentes al calor moderado, a algunos ácidos y al agua lo que ha hecho que se conviertan en uno de los materiales más usados desde que se comenzaron a fabricar a inicios del siglo XX. Son estas mismas características lo que lo hacen tan perjudicial para el medio ambiente ya que son capaces de perdurar por mucho tiempo afectando con su presencia todas las matrices ambientales. Según una investigación de la Universidad de Georgia, desde su invención, los humanos han producido 8,3 billones de toneladas métricas de plástico, la mitad de esta producción se ha generado solo en los últimos 13 años (Jambeck et al., 2015). Además, el estudio demuestra que el 79% de los plásticos generados termina en los ambientes naturales; esta es la primera investigación global que se ha realizado sobre producción, uso y destino de los plásticos cuyos resultados son realmente abrumadores.

Lamentablemente la gran mayoría de estos plásticos terminan en ecosistemas acuáticos donde, debido a procesos de degradación, se disocian convirtiéndose en lo que hoy se conoce como microplásticos (MPs), que son partículas plásticas cuyos tamaños no superan los 5 mm de diámetro (Wright, Thompson &

Galloway, 2013 y Sarria & Gallo, 2016). Son altamente perjudiciales ya que debido a su tamaño pueden transmitirse fácilmente a través de la cadena trófica causando varios problemas de salud en todos los niveles de ésta (Crawford & Quinn, 2017).

La degradación no es la única fuente de MPs conocida, éstos son fabricados con esos pequeños tamaños también para ser agregados artificialmente a ciertos productos cosméticos, de limpieza y textiles encontrándose presentes en aguas residuales y aguas tratadas para el consumo (Sarria & Gallo, 2016). Dentro de estos un ejemplo interesante es un estudio realizado en las Universidades de Minnesota y Nueva York donde los resultados arrojaron que, en el agua de consumo de 14 países, en los que está incluido Ecuador, hay presencia de MPs, sólo en la municipalidad del Distrito Metropolitano de Quito se logró detectar la presencia de estas peligrosas partículas en un 75% del agua recolectada de los grifos para las muestras (Browne et al., 2011).

Los MPs son altamente tóxicos, al momento en que estas micro partículas ingresan al organismo existe una fuga de aditivos y exposición a los contaminantes asociados (Anderson, Park y Palace, 2016). Debido a que los materiales plásticos son derivados del petróleo, contienen compuestos como hidrocarburos aromáticos policíclicos que son carcinógenos (Chae, Kim, Kim, Song & Shim, 2015) lo cual provoca efectos nocivos para la salud de animales y del ser humano.

Las bajas tasas de degradación de estos MPs hacen que se encuentren presentes en varias matrices ambientales, como, el agua donde son ingeridos por peces que los confunden con alimento (Browne et. al, 2011). Además, la facilidad con que se adhiere la materia orgánica a la superficie del mismo, hace que su destino final en muchas ocasiones sean los sedimentos del ecosistema acuático en el que están ya sean: ríos, lagos, estuarios, embalses o zonas costeras como playas (Browne et. al, 2011). Los sedimentos son una especie de huella dactilar de toda la contaminación del entorno, los residuos que generan

las actividades antrópicas terminan incorporándose a los fondos acuáticos (Chae et al., 2015).

Así que, debido a la amplitud de la distribución de los MPs es común que se hagan estudios en relación a: muestras plancton, sedimentos o barro y por ingestión en vertebrados e invertebrados (Ivar do Sul & Costa, 2014).

La presencia de MPs en playas y estuarios alrededor de todo el mundo es innegable como lo demuestra un estudio realizado por Thompson et al. (2004), donde se han reportado fibras sintéticas microscópicas en el sedimento, en la zona de alta marea, así como en la columna de agua y estuarios del Reino Unido. En Sudamérica existen estudios realizados en Brasil, Perú, Chile y Argentina donde básicamente se describe la presencia de estas micro partículas a lo largo de todo el perfil costanero. Tanto las playas como los estuarios son zonas costeras que atraen la presencia de muchas personas ya sea por actividades productivas o turísticas, y esto ocasiona que exista un mayor porcentaje de contaminación por MPs, estos lugares presentan una gran variedad de interacciones que dan lugar a que se originen ecosistemas diversos con características ambientales únicas, procesos químicos, físicos y biológicos muy peculiares, que los hacen un ambiente dinámico. Sin embargo, son altamente vulnerable a los cambios ambientales, especialmente a aquellos generados por actividades antrópicas.

## **1.2 Problemática**

La sobreproducción de plásticos, una incorrecta disposición final y su degradación en el ambiente, especialmente en medios marinos, ha hecho que el problema de la contaminación por MPs se incremente en los últimos años. Afectando no solo a las matrices ambientales, sino también pudiendo llegar a derivar graves problemas de salud, ya que estos son vectores de otros contaminantes (Anderson et al., 2016).

El impacto ambiental que los MPs generan es mucho mayor que el de plásticos de tamaños más grandes ya que es más compleja su identificación y remoción, además actúan como vectores de otros contaminantes (Crawford & Quinn, 2017). Debido a su pequeño tamaño son capaces de ingresar fácilmente a la cadena alimenticia y bioacumularse y biomagnificarse a través de ella (Wagner et al., 2014).

Por tal motivo es importante conocer sobre la ocurrencia de MPs, basados en métodos que evidencien resultados lo más cercanos a la realidad posible. Aunque actualmente no existe una metodología estandarizada a nivel nacional ni mundial, por lo que resulta complicado determinar cuáles procedimientos son los más apropiados para este tipo de estudio.

En América del Sur los estudios sobre MPs han sido realizados en sistemas acuáticos de agua dulce, en su mayoría de ríos andinos, debido a que se considera que los ríos son las primeras vías de ingreso de MPs al ambiente. Sin embargo, las zonas costeras como playas y estuarios, que se encuentran en la desembocadura de gran parte de estos ríos andinos y que son la principal vía de ingreso de MPs al medio marino, no han sido del todo analizadas. Hay estudios realizados en pocos países como: Chile, Colombia y Perú.

En Ecuador las zonas costeras como playas y estuarios poseen las condiciones ideales para albergar una gran variedad de especies de aves, peces, crustáceos y moluscos, estos ecosistemas son considerados como unos de los más biodiversos que posee el país (Castro, 2015); además de grandes cantidades de personas que viven a sus alrededores, por lo tanto, conocer los métodos para la detección de MPs y todo lo que se deriva de su presencia es muy importante.

Hasta el momento de esta revisión bibliográfica no se han encontrado estudios sobre MPs en el Ecuador, por lo que la información que se obtiene acerca de los

métodos de detección de la ocurrencia de estas micro partículas, de cómo están afectando a estos ecosistemas y a sus ciudadanos es lamentablemente nula.

### **1.3 Objetivos del Proyecto**

#### **1.3.1 Objetivo General:**

Realizar un análisis bibliográfico comparativo sobre la ocurrencia de MPs en playas y estuarios alrededor del mundo.

#### **1.3.2 Objetivos específicos:**

- Describir los métodos de detección y cuantificación de MPs en playas y estuarios.
- Comparar las metodologías de muestreo, metodologías de análisis utilizadas en laboratorio y resultados de estudios sobre la ocurrencia de MPs en playas y estuarios.

### **1.4 Alcance**

Este trabajo consistió en realizar un total de diez análisis bibliográficos de la ocurrencia de MPs en playas y estuarios alrededor de todo el mundo. Se analizaron veinticuatro estudios realizados en los últimos diez años de los cuales se describieron los procedimientos de muestreo, detección, cuantificación y resultados de la presencia de MPs, con la finalidad de comparar las metodologías utilizadas y determinar diferencias significativas para cada ecosistema y los resultados obtenidos.

### **1.5 Justificación**

A lo largo de todo el perfil costanero del Ecuador existen ecosistemas tan diversos y variados como playas y estuarios, que albergan mucha más diversidad de recursos atrayendo, por ejemplo, a más comunidades de pescadores o una mayor cantidad de turistas. El incremento de la densidad poblacional conlleva a una mayor generación de residuos, entre ellos los plásticos, que no tienen una correcta disposición final y se degradan en el sitio provocando problemas en el ambiente y en la salud de los pobladores. Conocer sobre la ocurrencia de MPs en estos ecosistemas y sobretodo conocer cuál es la mejor manera de realizar estos estudios hace que poder determinar las fuentes principales de esta contaminación y poder controlarla sea una posibilidad cada vez más mayor.

En base a la revisión bibliográfica preliminar se evidenció que no existen estudios acerca de MPs en el Ecuador (al menos no publicados hasta el momento de esta revisión bibliográfica). Lamentablemente los estudios publicados hasta el momento en América del Sur son muy pocos, por lo que la información que se posee sobre MPs en este continente es muy escasa, en comparación con el resto del mundo.

Con este tipo de análisis bibliográficos se logra un gran aporte ya que se puede contribuir al establecimiento de las líneas base para futuros estudios, fomentar a que se realicen más investigaciones de este tipo en el país, basados en las metodologías más usadas a nivel mundial.

## **2. METODOLOGÍA**

El presente trabajo es de tipo bibliográfico, se ha buscado en las bases de datos cibernéticas estudios científicos acerca de la ocurrencia de MPs en playas y estuarios realizados entre los años 2011 y 2020. Se buscaron estudios realizados alrededor de todo el mundo, tratando de que exista variedad de países para tener una idea mejor fundamentada de la problemática que representan los

MPs a nivel mundial. Se encontraron alrededor de 40 estudios, de los cuales se seleccionaron 24 para los análisis.

Se realizó una selección de los estudios más relevantes basándose en aquellos que aporten información detallada acerca de: metodología de muestreo, metodología de análisis en laboratorio y resultados. Sobre estos estudios se realizó un exhaustivo análisis bibliográfico comparativo, por lo tanto, los resultados presentados en los análisis están realizados en relación a la muestra seleccionada.

Los estudios seleccionados se separaron en dos categorías: 1) realizados en playas y 2) realizados en estuarios (Tabla 1). A su vez, para hacer más profundo el análisis comparativo se decidió dividirlo en cuatro partes donde se analizan diferentes aspectos:

### **3.1 Análisis comparativo general**

En este apartado se analizan datos generales de los estudios como: país en el que se realizó, año en el que se publicó, matrices muestreadas, revista en la que se publicó. Esto con el fin de tener una idea global sobre la problemática que representan los MPs, tratar de evidenciar si la cantidad de estudios han ido aumentando con el pasar del tiempo o en que parte del mundo se están realizando más estudios sobre este tipo de temas.

### **3.2 Análisis de las metodologías de muestreo**

Este apartado ha sido subdividido en tres:

3.2.1 Análisis de las metodologías de muestreo utilizadas en playas

3.2.2 Análisis de las metodologías de muestreo utilizadas en estuarios

3.2.3 Análisis comparativo de las metodologías de muestreo

### 3.3 Análisis de las metodologías usadas en laboratorio

Este apartado ha sido subdividido en tres:

3.3.1 Análisis de las metodologías usadas en laboratorio para muestras de playas

3.3.2 Análisis de las metodologías usadas en laboratorio para muestras de estuarios

3.3.3 Análisis comparativo de las metodologías usadas en laboratorio para muestras de playas y estuarios

### 3.4 Análisis de los resultados

Al igual que los anteriores este apartado se ha subdividido:

3.4.1 Análisis de los resultados en playas

3.4.2 Análisis de los resultados en estuarios

3.4.3 Análisis comparativo de los resultados en playas y estuarios

Tabla 1.

*Estudios seleccionados para el análisis*

Título del estudio	Autores	Año	País	Revista Científica	Resumen
<b>PLAYAS</b>					
OCCURRENCE AND DISTRIBUTION OF MICROPLASTICS IN MARINE SEDIMENTS ALONG	Michiel Claessens, Steven De Meester, Lieve Van Landuyt, Karen De	2011	Bélgica	Marine Pollution Bulletin	Análisis de la cantidad y tipo de MPs presentes en sedimentos recolectados en tres playas belgas. Se utilizó

THE BELGIAN COAST	Clerck & Colin R. Janssen				el método de separación por densidad para recuperación de MPs y para la determinación del tipo se utilizó la identificación con transformada de Fourier-infrarrojo (FT-IR).
MUESTREO NACIONAL DE MICROPLÁSTICOS EN LAS PLAYAS DE CHILE	Valeria Hidalgo, Vivian Macaya, Lucas Eastman & Martin Thiel	2012	Chile	ResearchGate	Se realizaron muestras de arena en 37 playas de Chile, una vez realizados los análisis se encontraron diferentes tipos y cantidad de MPs en cada playa.
CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRIMARIOS EN EL AMBIENTE MARINO DE UNA PLAYA URBANA EN CARTAGENA DE INDIAS	Isabel Clara Acosta Coley	2014	Colombia	Tesis Magistral	Durante cinco meses se recolectaron siete muestras en una playa turística, siendo evaluadas mediante análisis estereoscópico y microscopía de luz.
MACRODEBRIS AND MICROPLASTICS	Betty Laglbauer, Rita Melo Franco Santos,	2014	Eslovenia	Marine Pollution Bulletin	Estudio realizado en sedimentos de seis playas (unas turísticas y otras no), se buscó

FROM BEACHES IN SLOVENIA	Miguel Andreu Cazenave, Lisa Brunelli, Maria Papadatou, Andreja Palatinus, Mateja Grego & Tim Deprez				relacionar la presencia y cantidad de MPs con actividades turísticas, sin embargo, se concluyó que el turismo no parecía tener un efecto sobre las cantidades de MPs. Para los análisis se siguió la metodología de Thompson (2004).
MICROPLASTIC CONCENTRATIONS IN BEACH SEDIMENTS ALONG THE GERMAN BALTIC COAST	Andrea Stolte, Stefan Forster, Gunnar Gerds & Hendrik Schubert	2015	Alemania	Marine Pollution Bulletin	Se analizaron muestras de sedimentos y aguas en playas cerca de los estuarios para poder determinar posibles vías de entrada de MPs. Para el análisis se utilizó la metodología de separación por densidad, sin embargo, la presencia de arena afectó los resultados.
HONG KONG AT THE PEARL RIVER ESTUARY: A	Lincoln Fok & P.K. Cheung	2015	China	Marine Pollution Bulletin	Se recolectaron muestras de sedimentos a

HOTSPOT OF MICROPLASTIC POLLUTION					4cm de profundidad en 25 playas a lo largo de la costa de Hong Kong. Se colocó agua de mar en las muestras, los sobrenadantes fueron recolectados con una malla metálica y es lo que se analizó en el laboratorio.
PRESENCIA DE MICRÓPLASTICOS EN CUATRO PLAYAS ARENOSAS DE PERÚ	Sara Purca & Aida Henostroza	2017	Perú	Revista peruana de biología	Se presenta el número y peso por metro cuadrado de fragmentos de MPs presentes en cuatro playas arenosas de la costa peruana. Para los análisis se usó el espectrofotómetro infrarrojo por transformada de Fourier.
ESTUDIO DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN DOCE PLAYAS DE LA ISLA DE TENERIFE (ISLAS CANARIAS)	Cristina Villanova, Francisca Romero, Sonia Fernández, Miguel Muñoz &	2018	España	REVISTA SCIENTIA INSULARUM	Presencia de MPs en doce playas analizando la capa superficial de arena a lo largo de distintos transectos

	Sara Álvaro				establecidos en función de la amplitud de marea.
MICROPLÁSTICOS EN LA ZONA DE MAREA ALTA Y SUPRALITORAL DE UNA PLAYA ARENOSA DEL LITORAL COSTERO DEL PERÚ	José Iannacone, Alonso Huyhua, Lorena Alvariño, Fernando Valencia, Fabiola Principe, David Minaya, José Ortega, George Argota & Luz Castañeda	2019	Perú	The Biologist (Lima)	En el muestreo se hace una diferenciación de MP primarios y secundarios en una playa arenosa de Lima. Para los análisis se usó el método de flotación, además se hace una comparación a nivel mundial que señala que los valores de contaminación por MP obtenidos en el presente estudio aún son bajos.
MICROPLASTICS: SOURCES AND DISTRIBUTION IN SURFACE WATERS AND SEDIMENTS OF TODOS SANTOS BAY, MEXICO	Nancy Ramírez, Lorena Ríos, José Macías, Lucero Oregel, Arturo Alvarez, Félix Hernández, José Luis Sánchez,	2019	México	Science of the Total Environment	Se analizaron muestras tomadas de agua superficial de playa con una red de arrastre de manta en las zonas con corrientes de alta y baja energía, arrastrando esta red durante 30 min. Mientras

	Charles James Moore, Hortencia Silva & Luis Felipe Navarro				que, para las muestras de sedimentos se recolectaron 12 muestras a 5 cm de profundidad. Además, se analizaron muestras de efluentes de PTAR que desembocan en el océano.
ABUNDANCE, MORPHOLOGY AND CHEMICAL COMPOSITION OF MICROPLASTICS IN SAND AND SEDIMENTS FROM A PROTECTED COASTAL AREA: THE MAR MENOR LAGOON (SE SPAIN)	Javier Bayo, Dolores Rojo & Sonia Olmos	2019	España	Environmental Pollution	Se recolectaron muestras de sedimentos en playas durante la época de invierno ya que durante este periodo el ayuntamiento no limpia estos sitios como comúnmente se hace cuando comienza el verano.
ABUNDANCE AND DISTRIBUTION OF MICROPLASTICS ON SANDY BEACHES OF LIMA, PERU	Gabriel Enrique De la Torre, Diana Dioses Salinas, Jasmin Castro, Rosabel Antay,	2020	Perú	Marine Pollution Bulletin	Se recolectaron muestras de sedimento de playa a una profundidad de 1 cm durante la marea baja, para los análisis se realizó el método de separación

	Naomy Yupanqui, Dante Espinoza Morriberón & Miguel Saldaña Serrano				por densidades y para determinar el tipo de MP se usó espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FT IR).
<b>ESTUARIOS</b>					
SUSPENDED MICROPLASTICS IN THE SURFACE WATER OF THE YANGTZE ESTUARY SYSTEM, CHINA: FIRST OBSERVATIONS ON OCURRENCE, DISTRIBUTION	Shiye Zhao, Lixin Zhu, Teng Wang & Daoji Li	2014	China	Marine Pollution Bulletin	Se obtuvieron muestras de MPs suspendidos en aguas superficiales de un estuario utilizando redes de arrastre. Los MPs se extrajeron mediante un método de flotación, se contaron y clasificaron según su forma y tamaño bajo un microscopio estereoscópico.
MICROPLASTICS IN FOUR ESTUARINE RIVERS IN THE CHESEAPEAKE BAY, U.S.A	Lance T. Yonkos, Elizabeth A. Friedel, Ana C. Perez Reyes, Sutapa Ghosal &	2014	Estados Unidos	Environmental Science & Technology	Se recolectaron muestras de agua superficial mensualmente entre julio y diciembre de 2011 de cuatro afluentes del estuario dentro

	Courtney D. Arthur				de la Bahía de Chesapeake. Utilizando una red de manta. Se correlacionaron los sitios seleccionados con la cercanía a centros urbanos y la densidad de población.
ON THE QUANTITY AND COMPOSITION OF FLOATING PLASTIC DEBRIS ENTERING AND LEAVING THE TAMAR ESTUARY, SOUTHWEST ENGLAND	Saeed S. Sadri & Richard Thompson	2014	Inglaterra	Marine Pollution Bulletin	Se recolectaron muestras de agua superficial del estuario de Tamar, durante dos diferentes épocas: marea de primavera y durante marea baja o muerta. Se detectaron diferencias significativas en los resultados obtenidos de las muestras tomadas en cada época.
MICROPLASTIC IN THREE URBAN ESTUARIES, CHINA	Shiye Zhao, Lixin Zhu & Daoji Li	2015	China	Environmental Pollution	Se filtró el agua subterránea de 3 estuarios a través de redes de 330 µm, se cuantificaron MPs en las muestras

					recolectadas por espectroscopía Raman.
MICROPLASTICS IN THE SOLENT ESTUARINE COMPLEX, UK: AN INITIAL ASSESSMENT	Anthony Gallagher, Aldous Rees, Rob Rowe, John Stevens & Paul Wright	2015	Reino Unido	Marine Pollution Bulletin	Estudio realizado en cuatro estuarios de Solent, se recolectaron muestras de agua río abajo y río arriba con ayuda de una red y durante la marea alta. Los posteriores análisis se realizaron usando el método de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR).
ABUNDANCE AND CHARACTERISTICS OF MICROPLASTICS IN BEACH SEDIMENTS: INSIGHTS INTO MICROPLASTIC ACCUMULATION IN NORTHERN GULF OF MEXICO ESTUARIES	Caitlin C. Wessel, Grant R. Lockridge, David Battiste & Just Cebrian	2016	México	Marine Pollution Bulletin	Se recolectaron muestras de sedimento en zonas arenosas de un estuario del norte del Golfo de México durante el verano de 2014. Para la determinación de MPs se tamizaron las muestras, se usó el método de separación por

					densidades y se clasificaron visualmente.
MICROPLASTIC POLLUTION IN VEMBANAD LAKE, KERALA, INDIA: THE FIRST REPORT OF MICROPLASTICS IN LAKE AND ESTUARINE SEDIMENTS IN INDIA	S. Sruthy & E. V. Ramasamy	2016	India	Environmental Pollution	Se recogieron muestras de sedimentos de fondo en el estuario utilizando una Van Veen agarra en 10 puntos de muestreo a lo largo de la parte sur del lago Vembanad, dos de ellos en zonas de agua salada y los ocho restantes en zonas de agua dulce. El proceso de análisis se realizó de acuerdo al manual de la NOAA.
MICROPLASTICS IN SEDIMENTS OF THE CHANGJIANG ESTUARY, CHINA	Guyu Peng, Bangshang Zhu, Dongqi Yang, Lei Su, Huahong Shi & Daoji Li	2017	China	Environmental Pollution	Se recolectaron 53 muestras de sedimentos de estuarios recogidas con un descortezador, los MPs se extrajeron por separación de densidad, después se observaron bajo

					un microscopio y se clasificaron según su forma, color y tamaño. La identificación se llevó a cabo utilizando espectroscopía infrarroja por micro transformada de Fourier ( $\mu$ -FT-IR).
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	Ruilong Li, Linlin Zhang, Baoming Xue & Yinghui Wang	2018	China	Environmental Pollution	Análisis revelaron que la abundancia de MPs en sedimentos de estuarios era mucho más baja que en zonas de entrada oceánicas, para la determinación de MPs utilizaron el método de separación por densidad, filtración e identificación visual.
MICROPLASTIC IN TWO SOUTH CAROLINA ESTUARIES: OCURRENCE, DISTRIBUTION, AND COMPOSITION	Austin D. Gray, Hope Wertz, Rachel R. Leads & John E. Weinstein	2018	Estados Unidos	Marine Pollution Bulletin	Se analizaron muestras de sedimentos de dos estuarios en Carolina del Sur tomadas aguas arriba del estuario, debajo

					de la confluencia de los ríos que alimentan el estuario, en medio del estuario, y cerca de la boca del estuario desembocando en el océano Atlántico.
MICROPLASTIC RISK ASSESSMENT IN SURFACE WATERS: A CASE STUDY IN THE CHANGJIANG ESTUARY, CHINA	Pei Xu, Guyu Peng, Lei Su, Yongqiang Gao, Lei Gao & Daoji Li	2018	China	Marine Pollution Bulletin	Se recolectaron muestras de agua en el estuario de Changjiang bombeando 100 L de agua a través de un tamiz de acero. Para analizar los resultados se utilizó el método de digestión con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> y describió su color usando espectroscopía infrarroja por transformada micro-Fourier (μ-FTIR).
THE DISTRIBUTION, CHARACTERISTICS AND ECOLOGICAL RISKS OF MICROPLASTICS IN THE MANGROVES	Ruili Li, Lingyun Yu, Minwei Chai, Hailun Wu	2019	China	Science of the Total Environment	Estudios realizados en sedimentos superficiales (0 - 5 cm de profundidad) en ecosistemas de

OF SOUTHERN CHINA	& Xiaoshan Zhu		manglar en estuarios, recolectados a 20 m del bosque en época de marea baja y analizados por el método de separación por densidad. También se determinaron los parámetros físicoquímicos de los sedimentos.
-------------------	----------------	--	---

### 3. RESULTADOS

#### 3.2 Análisis comparativo general

A partir de la revisión bibliográfica de los 24 artículos seleccionados (Tabla 1) se puede evidenciar que en el continente asiático es donde más estudios se han realizado sobre la ocurrencia de MPs en playas y estuarios con un 33% (Fig. 1), seguido por Europa 29%, América del Sur 21% y América del Norte 17%.



Figura 1. Estudios realizados a nivel mundial en relación a la muestra.

Para el presente análisis se cuenta con estudios realizados en dos países asiáticos: China e India. China es el país que más estudios ha publicado (Fig. 2), mientras que el estudio de la India es el primero sobre ocurrencia de MPs en estuarios y fue realizado en el año 2016. Seis países europeos, tres de América del Sur y tres de América del Norte.



Figura 2. Estudios realizados a nivel mundial en relación a la muestra.

En los estudios realizados en China se nota una preferencia por realizarlos en ecosistemas estuarinos, como se aprecia en la Tabla 2, podría deberse a que

estos ecosistemas ofrecen una gran diversidad de recursos, son espacios propicios que ofrecen las condiciones ideales para el asentamiento humano, varios pueblos y culturas han aprovechado estos recursos para desarrollarse social y económicamente (Ecolibro Deltas y Estuarios de Colombia, 2019), como es el caso de China.

A nivel mundial los estuarios representan zonas llenas de diversidad de flora y fauna, donde la presencia de MPs puede generar varios problemas ambientales y de salud, es por ello que conocer su ocurrencia es importante, a pesar de ello, de todos los estudios encontrados para el presente análisis no se encontró ninguno realizado en estuarios de América del Sur (Tabla 2).

Tabla 2.

*Estudios realizados en playas y estuarios a nivel mundial, en relación a los 24 estudios analizados.*

PLAYAS		ESTUARIOS	
PAISES	ESTUDIOS REALIZADOS	PAISES	ESTUDIOS REALIZADOS
Perú	3	China	6
España	2	Estados Unidos	2
Bélgica	1	India	1
Alemania	1	Inglaterra	1
Chile	1	México	1
Eslovenia	1	Reino Unido	1
Colombia	1		
China	1		
México	1		
TOTAL	12		12

En el caso de estudios realizados en playas si se han publicado algunos sobre países de América del Sur donde Perú es el que lidera la lista, seguido por

Colombia y Chile. Sin embargo, se puede apreciar claramente que la mayor parte de los estudios en playas son realizados en países europeos. Las playas son ecosistemas muy importantes ya que éstas actúan como amortiguadores de los fuertes vientos y oleaje que pueden ocasionar las tormentas, además de que la actividad económica que generan para las comunidades que viven en sus cercanías es altamente significativa. En los países de Europa durante la época de verano las playas son lugares bastante concurridos (EPA, 2018), por tanto, es entendible que se realicen más estudios en este ecosistema.

A pesar de la escasez de estudios realizados en América del Sur, para el presente análisis se cuenta con la misma cantidad de estudios realizados tanto en playas como en estuarios (Tabla 2).

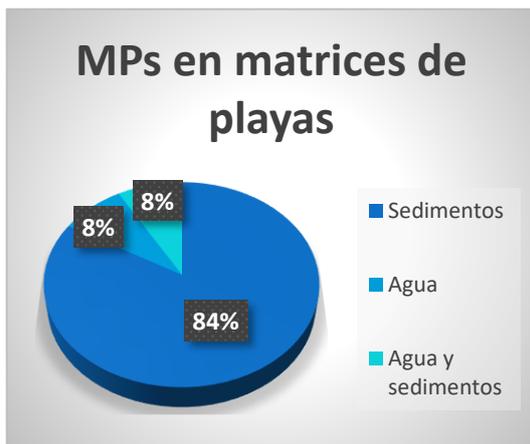


Figura 3. Matrices analizadas en playas

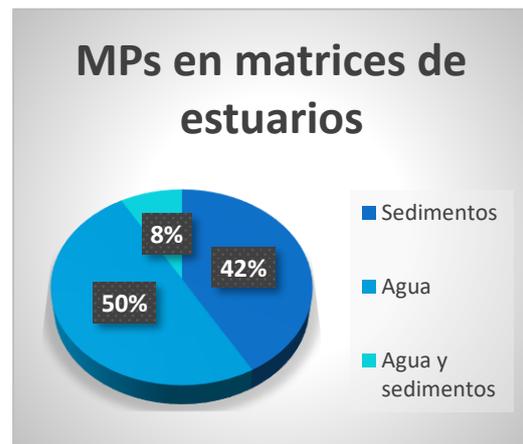


Figura 4. Matrices analizadas en estuarios

Como se puede apreciar en la Figura 3, un 84% de los estudios analizan la ocurrencia de MPs en muestras de sedimento de playas, tan solo el 8% analizan la presencia de MPs en el agua (mares y océanos) y el 8% restante analizan tanto agua como sedimentos. Absolutamente todos los estudios que se han realizado en América del Sur analizan sedimentos y no en matrices como el agua.

Lo cual es preocupante ya que, según Wright et al. (2013) y Sarria & Gallo (2016), la gran mayoría de plásticos terminan en ecosistemas acuáticos donde, debido a procesos de degradación, se disocian y es así como se convierten en MPs, por tanto, conocer la ocurrencia de MPs en el agua es muy importante. Y no solo en ríos y mares los MPs pueden estar presentes incluso en aguas tratadas como lo demuestra el estudio realizado por Ramírez et al. (2019) donde se muestrearon, además del agua de mar, unos efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). En ambos casos se encontraron MPs; en las muestras tomadas a mar abierto, el 50% eran fragmentos lo que demuestra que los MPs se están generando a partir de la disociación de elementos plásticos más grandes, mientras que en las muestras tomadas de los efluentes se encontraron MPs en forma de fibras, lo que indica que a pesar de los tratamientos éstas micro partículas están presentes en la matriz agua.

Por otra parte, en el caso de los estuarios ocurre lo contrario, el 50% de los estudios analizan la presencia de MPs en sedimentos, sin embargo, este porcentaje no dista mucho del de la matriz agua con un 42% y el 8% analiza tanto aguas como sedimentos (Fig. 4).

Los estudios que muestrean tanto agua y sedimentos son tan solo uno en cada ecosistema (playa y estuario). En el caso de playas es el estudio realizado en Alemania por Stolte, Forster, Gerdtz & Schubert (2015), y en el caso de estuarios es el de Gray, Wertz, Leads & Weinstein (2018) realizado en Estados Unidos.

De todos los estudios el único en el que se analizaron MPs presentes en sedimentos de fondo es el realizado en estuarios de la India por Sruthy & Ramasamy (2016).

Tabla 3.

*Años en los que fueron realizados los estudios*

AÑOS	ESTUDIOS REALIZADOS	
	PLAYAS	ESTUARIOS
2011	1	-
2012	1	-
2013	-	-
2014	2	3
2015	2	2
2016	-	2
2017	1	1
2018	1	3
2019	3	1
2020	1	-
TOTAL	12	12

En la Tabla 3 se presentan los estudios realizados por años, donde se puede apreciar que las playas han sido estudiadas algunos años antes que los estuarios y que hay estudios más recientes de playas que de estuarios.

Tabla 4.

*Revistas científicas*

REVISTA	PLAYAS	ESTUARIOS
Marine Pollution Bulletin	5	6
Environmental Pollution	1	4
Science of the Total Environment	1	1
Otras	5	1
TOTAL	12	12

En ambos casos la mayoría de los estudios han sido publicados por la revista científica Marine Pollution Bulletin.

### 3.3 Análisis de las metodologías de muestreo

A nivel mundial no existen metodologías estandarizadas para el muestreo de MPs por lo que los métodos utilizados son variados.

Al no existir metodologías estandarizadas, para realizar estos procedimientos los autores de los estudios han tenido que regirse a protocolos que han sido publicados por agencias reconocidas en sus países o que se acoplen mejor a las condiciones de su entorno.

### 3.2.1 Análisis de las metodologías de muestreo utilizadas en playas

En la Tabla 5 se especifica a detalle el procedimiento usado para el muestreo de la ocurrencia de MPs en playas.

Tabla 5.

*Metodologías usadas para el muestreo en playas*

Título del estudio	Autores	Año	País	Metodologías de muestreo
<b>PLAYAS</b>				
OCCURRENCE AND DISTRIBUTION OF MICROPLASTICS IN MARINE SEDIMENTS ALONG THE BELGIAN COAST	Michiel Claessens, Steven De Meester, Lieve Van Landuyt, Karen De Clerck & Colin R. Janssen	2011	Bélgica	- En cada playa se recogió arena en tres puntos: en la marca de marea alta, el área intermareal y en la zona submareal (menos en Koksijde), en profundidades de 2 a 7 cm.
MUESTREO NACIONAL DE MICROPLÁSTICOS	Valeria Hidalgo, Vivian Macaya, Lucas	2012	Chile	- Estudiantes de colegio fueron los que muestrearon en la línea de marea alta en cuadrantes de 50 x 50 cm.

EN LAS PLAYAS DE CHILE	Eastman & Martin Thiel			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se tamizó la muestra. No se separaron colillas de cigarro sino más bien éstas se contabilizaron como plásticos ya que en su composición tienen acetato (un tipo de plástico).</li> <li>- Con una lupa estereoscópica se observó el material retenido por el tamiz y se contabilizó dividiéndolo en tres categorías: fragmentos, pellets y colillas de cigarro. Los estudiantes llenaron una ficha con los resultados.</li> </ul>
CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRIMARIOS EN EL AMBIENTE MARINO DE UNA PLAYA URBANA EN CARTAGENA DE INDIAS	Isabel Clara Acosta Coley	2014	Colombia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizaron siete muestreos de febrero a mayo durante la temporada seca y la temporada de lluvias.</li> <li>- Se realizó una especie de barrido para recolectar pellets sobre la superficie arenosa en áreas paralelas a la zona de marea alta, separando elementos que no sean plásticos.</li> </ul>
MACRODEBRIS AND MICROPLASTICS FROM BEACHES IN SLOVENIA	Betty Laglbauer, Rita Melo Franco Santos, Miguel Andreu Cazenave, Lisa Brunelli, Maria Papadatou, Andreja	2014	Eslovenia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se muestrearon sedimentos durante el mes de julio de 2012, realizando cuadrantes de 25 cm<sup>2</sup> a 50 m en la línea de marea baja.</li> <li>- Se recolectaron a 5 cm de profundidad.</li> </ul>

	Palatinus, Mateja Grego & Tim Deprez			
MICROPLASTIC CONCENTRATIONS IN BEACH SEDIMENTS ALONG THE GERMAN BALTIC COAST	Andrea Stolte, Stefan Forster, Gunnar Gerds & Hendrik Schubert	2015	Alemania	- Se realizó la toma de muestras de sedimento durante la marea baja por debajo de la línea de marea alta. Fueron tomadas a 5 cm de profundidad. - Se realizó la toma de muestras de agua superficial de 2 - 4 cm de profundidad, se dejó fluir libremente el agua en recipientes de 5 - 10 L.
HONG KONG AT THE PEARL RIVER ESTUARY: A HOTSPOT OF MICROPLASTIC POLLUTION	Lincoln Fok & P.K. Cheung	2015	China	- En la línea de marea alta se realizó la toma de muestras con 4 repeticiones en cada playa en cuadrantes de 50 x 50 cm y a 4 cm de profundidad. - El sedimento recolectado fue transferido a un cubo, se le añadió agua de mar y se agitó con suavidad para no romper los plásticos de mayores tamaños. El sobrenadante se filtró a través de una malla metálica de 0.315 mm. Se repitió este proceso hasta que no se encontró plástico en el sobrenadante. Posteriormente se colocaron los sobrenadantes en bolsas plásticas para su análisis.
PRESENCIA DE MICRÓPLASTICOS EN CUATRO PLAYAS	Sara Purca & Aida Henostroza	2017	Perú	- Se recolectaron las muestras en cuadrantes de 50 x 50 cm sobre la línea de marea alta, durante los meses de junio 2014 y mayo 2015, siguiendo

<p>ARENOSAS DE PERÚ</p>				<p>el protocolo del Instituto Tecnológico y Ciencia del Océano de Corea (KIOST, 2016).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se tamizaron a través de un tamiz de 1 mm, lo que quedó fue guardado en una bolsa. Para evaluar la presencia de MPs menores a 1 mm la arena tamizada sobrante de los seis cuadrantes en cada caso, se homogenizó y se colocó en la mitad de un frasco de 500 ml para posteriores análisis.</li> </ul>
<p>ESTUDIO DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN DOCE PLAYAS DE LA ISLA DE TENERIFE (ISLAS CANARIAS)</p>	<p>Cristina Villanova, Francisca Romero, Sonia Fernández, Miguel Muñoz &amp; Sara Álvaro</p>	<p>2018</p>	<p>España</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se tomaron muestras de sedimento de la capa superior en la línea de marea baja, intermedia y en la línea de marea alta en cuadrantes de 20 x 20 cm.</li> <li>- El muestreo se realizó durante el mes de febrero.</li> </ul>
<p>MICROPLÁSTICOS EN LA ZONA DE MAREA ALTA Y SUPRALITORAL DE UNA PLAYA ARENOSA DEL LITORAL COSTERO DEL PERÚ</p>	<p>José Iannacone, Alonso Huyhua, Lorena Alvariño, Fernando Valencia, Fabiola Príncipe, David Minaya, José Ortega, George</p>	<p>2019</p>	<p>Perú</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las muestras se tomaron en la línea de marea alta y supralitoral, durante octubre (época de primavera) y durante la marea baja.</li> <li>- Se trazaron cuadrantes de 50 x 50 cm y se tomó 1 kg de arena de cada cuadrante a 5 cm de profundidad.</li> <li>- Las muestras fueron tamizadas con un tamiz de 1 mm y lo que quedó se clasificó como MPs primarios.</li> </ul>

	Argota & Luz Castañeda			
MICROPLASTICS: SOURCES AND DISTRIBUTION IN SURFACE WATERS AND SEDIMENTS OF TODOS SANTOS BAY, MEXICO	Nancy Ramírez, Lorena Ríos, José Macías, Lucero Oregel, Arturo Alvarez, Félix Hernández, José Luis Sánchez, Charles James Moore, Hortencia Silva & Luis Felipe Navarro	2019	México	<p>- Para la toma de muestras de agua se siguió las bases del OORCO para delimitar sus transectos, en zonas de alta y baja energía. En barco con ayuda de una red de arrastre de manta con malla 333 <math>\mu\text{m}</math> durante una hora a una velocidad nominal de 1 m/s (menos en los lugares que eran más pequeños ahí se redujo el tiempo a 20 - 30 min) si se usa este método se debe calcular el volumen de agua filtrada.</p> <p>- Las muestras de sedimentos se tomaron con una pinza Van Veen con un área de 0.1 m<sup>2</sup> a una profundidad de 5 cm. Se toma en cuenta diferenciación de tipo de sedimentos. Donde 50 m de profundidad es considerado sedimento arcilloso y &gt;300 son considerados sedimentos arenosos limosos.</p> <p>- Las muestras de PTAR, se muestreo en mayo y agosto, se recogieron 500 L de agua efluente de cada PTAR en intervalos de 4 horas (7, 11, 15 y 19 h). Se separaron por filtración en cascada (1000, 500, 250 y 90 <math>\mu\text{m}</math>). También se debió calcular el volumen de flujo del efluente de la PTAR, el</p>

				cual fue proporcionado por el medidor de la propia planta.
ABUNDANCE, MORPHOLOGY AND CHEMICAL COMPOSITION OF MICROPLASTICS IN SAND AND SEDIMENTS FROM A PROTECTED COASTAL AREA: THE MAR MENOR LAGOON (SE SPAIN)	Javier Bayo, Dolores Rojo & Sonia Olmos	2019	España	<p>- Se tomaron muestras intermareales en cuadrantes de 50 x 50 cm, a 3 - 4 cm de profundidad y colocados directamente en placas Petri de vidrio, se recolectaron alrededor de <math>186.1 \pm 8.1</math> g de arena, pero como se hacen 3 repeticiones se recolectaron finalmente de 500 - 600 gr.</p> <p>- Se tomó en cuenta características del suelo (tamaño del grano, arcilla, limo, arena).</p>
ABUNDANCE AND DISTRIBUTION OF MICROPLASTICS ON SANDY BEACHES OF LIMA, PERU	Gabriel Enrique De la Torre, Diana Dioses Salinas, Jasmin Castro, Rosabel Antay, Naomy Yupanqui, Dante Espinoza Morriberón & Miguel Saldaña Serrano	2020	Perú	<p>- Se muestreó sedimento siguiendo a McDermid &amp; McMullen (2004) con modificaciones menores, durante marea baja en los meses de marzo y abril (verano).</p> <p>- Se tomaron muestras en cuadrantes de 50 x 50 cm a 1 cm de profundidad en zonas intermareales y supralitorales</p>

Para el muestreo de sedimentos en playas existen estudios que se rigen en protocolos o manuales que más se ajusten a sus realidades, como es el caso del estudio realizado en la playa de Todos Santos en México que se rige a

procedimientos descritos por el Southern California Coastal Water Research Project (SCCWRP) (Ramírez et al., 2019).

En España, se está trabajando para solucionar esta carencia de estándares, en colaboración con otros países, aunque no se especifica cuáles. Así lo señala un estudio realizado en las playas de la isla Tenerife por Villanova, Romero, Fernández, Muñoz & Álvaro (2018). Por dicha carencia este estudio utiliza el protocolo de muestreo descrito por la Comisión Europea (TSG-ML) (CONAMA, 2016) algo modificado para adecuarse a las condiciones de las playas a muestrear.

Para dar a notar esta diversidad de metodologías de muestreo basta con revisar las utilizadas en estudios en América del Sur donde, por ejemplo, un estudio realizado en Perú por Purca & Henostroza (2017) se rige en el protocolo del Instituto Tecnológico y Ciencia del Océano de Corea (KIOST, 2016) para coleccionar sus muestras.

Lo mismo ocurre cuando lo que se desea muestrear es agua. De los doce estudios, realizados en playas, presentados para este análisis únicamente tres muestrean agua y los tres presentan diferencias en cómo se realiza el muestreo. Por ejemplo, en el estudio realizado por Stolte et al. (2015) las muestras de agua se recolectan en recipientes de 5 - 10 L en profundidades de 2 - 4 cm. Ocurre algo muy diferente en el estudio de Ramírez et al. (2019) donde se siguieron los procedimientos establecidos por el Observatorio Oceanográfico Regional Costero (OORCO), se muestreó con una red de arrastre de manta con malla 333  $\mu\text{m}$  durante una hora a una velocidad nominal de 1 m/s (menos en los lugares que eran más pequeños donde se redujo el tiempo a 20 - 30 min); si se usa este método se debe calcular el volumen de agua filtrada, algo que en el anterior estudio citado no se mencionó.

Un dato muy interesante es el que señala Aslam, Ali, Mortula & Attaelmanan (2020) para el muestreo de playas donde asegura que 100 m de playa es un tamaño de muestreo que proporciona datos representativos para el análisis. En los estudios analizados tan solo tres proporcionan esta información sobre las playas y dos de ellos son de playas peruanas, lo que es un punto favorable para esos estudios en esta parte del mundo.

Otro aspecto en el cual difieren mucho los estudios es en el lugar donde se toman las muestras. Analizando los sitios de muestreo existen básicamente cuatro lugares donde se toman: 1) zona de marea baja, 2) zona intermareal (entre la línea de marea alta y marea baja), 3) zona de marea alta y 4) zona supralitoral o supramareal (sobre la línea de marea alta) (Arenas, 2015). La mayoría de los estudios no contemplan todas estas zonas para sus muestreos, en algunos casos solo contemplan una de ellas como ocurre en el estudio realizado por Bayo, Rojo & Olmos (2019) donde solo se muestrea la zona intermareal, lo cual puede llevar a que los datos obtenidos no sean confiables ya que en esta zona es donde menos concentración de MPs existe, como lo demostró un estudio realizado en el mismo país por Villanova et al. (2018), donde en siete de las doce playas muestreadas no se encontraron MPs en la línea intermedia o intermareal.

No solamente el lugar del cual se toman las muestras tiene una relevancia significativa en los resultados, sino también la época en la que se los realiza como lo comprueba el estudio realizado en España durante el periodo de invierno cuando existe menos presencia de bañistas y además el ayuntamiento no realiza limpieza o mantenimiento con tanta regularidad (Bayo et al., 2019), como era de esperarse los resultados que se obtuvieron fueron significativamente mayores a los obtenidos en otro estudio también realizado en España durante la época de fin de primavera e inicios de verano (Villanova, Romero, Fernández, Muñoz, & Álvaro, 2018).

Los procedimientos que se llevan a cabo durante el muestreo también son variados como es el caso del estudio presentado por Fok & Cheung (2015).

Donde, en lugar de llevarse las muestras de sedimentos al laboratorio lo que se hizo fue transferir el sedimento recolectado a un cubo, se le añadió agua de mar y se agitó con suavidad para no romper los plásticos de mayores tamaños. El sobrenadante se filtró a través de una malla metálica de 0.315 mm y fue eso lo que llevaron al laboratorio para ser analizado. Este no es el único estudio donde no se lleva toda la muestra de sedimento al laboratorio, en Chile en el año 2012 se llevó a cabo un muestreo nacional donde las muestras que fueron tomadas se tamizaron y contabilizaron en el propio sitio de muestreo.

Otra variación muy importante que se logró apreciar es la profundidad a la que se toma la muestra de sedimento, el 41.67% de los estudios presentados en la Tabla 5 la toman a 5 cm de profundidad, otros de 3 a 4 cm y en el estudio realizado por De La Torre et al. (2020) la toman a 1 cm. Incluso en uno de los estudios no se llega a tomar muestras de sedimento en sí, sino que se realiza una especie de barrido de MPs recogiendo únicamente residuos de la superficie como es el caso del estudio realizado en América del Sur por Acosta (2014).

Curiosamente algo que no varía en el 50% de estudios es el área del cuadrante para la toma de muestras: 0.25 m<sup>2</sup>, únicamente son diferentes los tamaños de los cuadrantes de los estudios de Laglbauer et al. (2014) realizado en Eslovenia donde el área de los cuadrantes fue de 25 cm<sup>2</sup> o 0.0025 m<sup>2</sup> con cuadrantes de 5 x 5 cm y el realizado por Villanova et al. (2018) con cuadrantes de 0.04 m<sup>2</sup>.

De todos los estudios presentados solo uno tuvo en cuenta la existencia de MPs primarios y MPs secundarios, fue el realizado en América del Sur por Iannacone et al. (2019), en el muestreo se usó un tamiz de 1 mm y lo que quedó se clasificó como MPs primarios.

### **3.2.2 Análisis de las metodologías de muestreo utilizadas en estuarios**

Tabla 6.

*Metodologías usadas para el muestreo en estuarios*

Título del estudio	Autores	Año	País	Metodologías de muestreo
<b>ESTUARIOS</b>				
SUSPENDED MICROPLASTICS IN THE SURFACE WATER OF THE YANGTZE ESTUARY SYSTEM, CHINA: FIRST OBSERVATIONS ON OCURRENCE, DISTRIBUTION	Shiye Zhao, Lixin Zhu, Teng Wang & Daoji Li	2014	China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizó el muestreo en un río estuarino de Yangtze y en aguas del mar de China Oriental.</li> <li>- Se recolectaron muestras de agua durante la marea baja. Con ayuda de redes de arrastre de 3 µm a tres distancias: cerca de la orilla, intermedia a la orilla y más alejada de la orilla a una profundidad de 1 m en cada transecto, la red fue arrastrada alrededor de 25 - 30 min.</li> <li>- Los materiales retenidos en la red fueron colocados en un frasco con formalina al 2.5%.</li> </ul>
MICROPLASTICS IN FOUR ESTUARINE RIVERS IN THE CHESEAPEAKE BAY, U.S.A	Lance T. Yonkos, Elizabeth A. Friedel, Ana C. Perez, Sutapa Ghosal & Courtney D. Arthur	2014	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se recolectaron muestras de agua superficial de cuatro ríos estuarinos con una red de arrastre de 0.33 mm a una profundidad de 15 cm.</li> <li>- Se muestreó durante julio a diciembre. En cada río se recolectaron 15 muestras.</li> <li>- El material recolectado se enjuagó con agua del sitio y se guardó en frascos (no especifica de que material).</li> <li>- Se tomaron en cuenta parámetros físico químicos del agua mientras se muestreaba (temperatura, salinidad).</li> </ul>

<p>ON THE QUANTITY AND COMPOSITION OF FLOATING PLASTIC DEBRIS ENTERING AND LEAVING THE TAMAR ESTUARY, SOUTHWEST ENGLAND</p>	<p>Saeed S. Sadri &amp; Richard C. Thompson</p>	<p>2014</p>	<p>Inglaterra</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizaron muestreos en aguas superficiales en la desembocadura de un río estuarino de Tamar durante marea de primavera y marea muerta en mayo y julio (primavera y verano) con ayuda de una red manta de 300 µm.</li> <li>- La red fue remolcada contra el flujo de la marea durante 30 min.</li> <li>- Los materiales recolectados fueron colocados en frascos de vidrio y etiquetados.</li> </ul>
<p>MICROPLASTIC IN THREE URBAN ESTUARIES, CHINA</p>	<p>Shiye Zhao, Lixin Zhu &amp; Daoji Li</p>	<p>2015</p>	<p>China</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se muestrearon aguas subterráneas de tres estuarios durante el mes de julio. Con ayuda de una bomba se tomaron muestras de 20 L de agua subterránea a 30 cm de profundidad.</li> <li>- Se tamizaron a través de un tamiz de acero de 333 µm.</li> <li>- Las partículas retenidas se colocaron en una botella de vidrio y conservada con 5% solución de formalina.</li> </ul>
<p>MICROPLASTICS IN THE SOLENT ESTUARINE COMPLEX, UK: AN INITIAL ASSESSMENT</p>	<p>Anthony Gallagher, Aldous Rees, Rob Rowe, John Stevens &amp; Paul Wright</p>	<p>2015</p>	<p>Reino Unido</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizó un muestreo de agua de cuatro ríos estuarinos del complejo de Solent, lo más cerca de la línea de marea alta como fuera posible.</li> <li>- Se siguieron procedimientos basados en la metodología de Hidalgo Ruz et al. (2012) y Thompson et al. (2004).</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se recolectaron las muestras con ayuda de una red de arrastre con una red de plancton de malla de 0.3 mm río abajo durante 5 min y con la misma red 5 min río arriba para contrarrestar cualquier efecto de las mareas.</li> </ul>
<p>ABUNDANCE AND CHARACTERISTICS OF MICROPLASTICS IN BEACH SEDIMENTS: INSIGHTS INTO MICROPLASTIC ACCUMULATION IN NORTHERN GULF OF MEXICO ESTUARIES</p>	<p>Caitlin C. Wessel, Grant R. Lockridge, David Battiste &amp; Just Cebrian</p>	<p>2016</p>	<p>México</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muestreo de sedimentos de las costas de un estuario al norte del Golfo de México en verano durante marea baja.</li> <li>- Se realizaron cuatro muestreos en zonas donde dominaba el agua dulce y tres muestreos en áreas dominadas por mareas marinas.</li> <li>- En cada sitio de muestreo se realizaron cuatro cuadrantes de 25 x 25 cm en la línea de marea alta. Se recolectaron de 3 a 6 cm de profundidad.</li> <li>- Se tamizó con un tamiz de 5 mm, lo que pasó se llevó al laboratorio y lo que quedó fue desechado.</li> </ul>
<p>MICROPLASTIC POLLUTION IN VEMBANAD LAKE, KERALA, INDIA: THE FIRST REPORT OF MICROPLASTICS IN LAKE AND ESTUARINE SEDIMENTS IN INDIA</p>	<p>S. Sruthy &amp; E. V. Ramasamy</p>	<p>2016</p>	<p>India</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se recolectaron las muestras de sedimento de fondo en 10 sitios a lo largo del lago Vembanad, dos sitios se ubicaron donde domina el agua salada y los restantes ocho en la zona dominada por el agua dulce.</li> <li>- Se recogieron dos muestras en cada sitio con una draga Van Veen de 25 cm<sup>2</sup>.</li> </ul>

				- Se llevó toda la muestra al laboratorio.
MICROPLASTICS IN SEDIMENTS OF THE CHANGJIANG ESTUARY, CHINA	Guyu Peng, Bangshang Zhu, Dongqi Yang, Lei Su, Huahong Shi & Daoji Li	2017	China	- Se tomaron muestras de sedimento en 53 sitios en el estuario de Changjiang durante verano, en el área de muestreo se incluyó la zona donde se encuentra la planta de tratamiento de Bailonggang, una de las más grandes del mundo. - Las muestras fueron recolectadas en botellas de plástico entre los 5 y 10 cm de profundidad.
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	Ruilong Li, Linlin Zhang, Baoming Xue & Yinghui Wang	2018	China	- Se tomaron muestras de sedimentos de siete sitios. Cuatro ubicados en manglares junto al río estuarino y los otros tres en las costas justo en la entrada al mar. - Para recolectar las muestras se realizaron círculos de 10 cm de diámetro, no se especificó la profundidad sino solo hasta obtener 1 kg de muestra.
MICROPLASTIC IN TWO SOUTH CAROLINA ESTUARIES: OCURRENCE, DISTRIBUTION, AND COMPOSITION	Austin D. Gray, Hope Wertz, Rachel R. Leads & John E. Weinstein	2018	Estados Unidos	- Se tomaron muestras de sedimentos intermareales durante la marea baja de dos lugares: Puerto Charleston y Bahía Winyah ambos ubicados a la entrada al Océano Atlántico.

				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizaron cuadrantes de 25 x 25 cm, se descartaron los 2 min superiores y al resto se lo trató siguiendo la metodología de muestreo de Hidalgo Ruz et al. (2012) y Thompson et al. (2004), donde a las muestras recolectadas se le añaden 4 L de agua de mar mezclada con 800 gr de NaCl para formar una solución hipersalina, se deja reposar por 2 min y el sobrenadante se vierte a través de una serie de tamices (500, 150 y 63 <math>\mu</math>m).</li> <li>- Los artículos retenidos en los tamices se enjuagan, se almacenan en frascos de vidrio y se los lleva al laboratorio.</li> <li>- Además, se recolectaron muestras de agua de mar con un aparato de recolección de microcapas de superficie marina y siguiendo la metodología de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (1985) con ayuda de un aparato con un marco de aluminio de 0.5 x 0.5 m equipado con una malla de acero de 2 mm, se recolectó un total de 4 L de agua de microcapa de la superficie del mar.</li> </ul>
MICROPLASTIC RISK ASSESSMENT IN SURFACE WATERS: A CASE	Pei Xu, Guyu Peng, Lei Su, Yongqiang	2018	China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se recolectaron muestras de agua durante el verano.</li> <li>- Se bombearon 100 L de agua a través de un tamiz con malla</li> </ul>

STUDY IN THE CHANGJIANG ESTUARY, CHINA	Gao, Lei Gao & Daoji Li			de 70 µm a una profundidad de 50 cm. - Todas las muestras fueron preservadas a 5°C hasta su posterior análisis.
THE DISTRIBUTION, CHARACTERISTICS AND ECOLOGICAL RISKS OF MICROPLASTICS IN THE MANGROVES OF SOUTHERN CHINA	Ruili Li, Lingyun Yu, Minwei Chai, Hailun Wu & Xiaoshan Zhu	2019	China	- Se muestrearon sedimentos de seis manglares representativos de China durante el verano. - Se tomaron muestras de sedimento superficiales de hasta 5 cm de profundidad durante la marea baja. - Se seleccionaron tres sitios de muestreo con una separación de aproximadamente 100 m a lo largo de la costa y a 20 m del borde del manglar. - Cada muestra se dividió en dos partes: una de las cuales se utilizó para la extracción y determinación de MPs, y la otra para determinar los parámetros fisicoquímicos del sedimento (pH, TOC y tamaño del grano).

La manera en que los autores realizan los muestreos en estuarios, varía de estudio a estudio, no existen dos estudios que sigan exactamente el mismo protocolo. Solo en dos de los estudios presentados en la Tabla 6, el realizado por Gallagher, Rees, Rowe, Stevens & Wright (2015) y el otro por Gray et al. (2018) se especifica que se basaron en las metodologías presentadas por Hidalgo Ruz et al. (2012) y Thompson et al. (2004) con algunas variaciones.

Una de las principales diferencias que se pueden apreciar es la cantidad de sitios muestreados y la cantidad de muestras que se toman. A pesar de ello, en lo que concuerda el 75% de los estudios presentados en la Tabla 6 es en ser realizados durante la época de verano. Tan solo el estudio realizado en Estados Unidos por Yonkos, Friedel, Perez, Ghosal & Arthur (2014) contempla tanto la época de verano como de invierno, realizando una serie de muestreos durante los meses de julio a diciembre. Mientras que, el 25% que comprende dos estudios: uno realizado en China por Li, Zhang, Xue & Wang (2018) y el otro en Estados Unidos por Gray et al. (2018) no especifican la época del año en el que lo realizan, lo ideal sería que se coloque esta información ya que es muy importante para correlacionar los resultados obtenidos.

Cuando los estudios lo que analizan es la ocurrencia de MPs en agua se pueden apreciar varias similitudes en la forma de tomar las muestras. Más de la mitad, específicamente el 57.14% de los estudios realizan estos muestreos utilizando redes de arrastre con mallas de 0.3 mm (300  $\mu$ m). Dos estudios que representan el 28.57% de los realizados en agua utilizan una bomba, ambos son realizados en China, uno de esos, el presentado por Zhao, Zhu & Li (2015) muestrea aguas subterráneas a 30 cm de profundidad por lo que utilizan una bomba con una malla de 300  $\mu$ m y el otro realizado por Xu, Peng, Su, Gao, Gao & Li (2018) muestrean aguas superficiales a 50 cm de profundidad por lo cual también utilizan una bomba, pero con una malla de 70  $\mu$ m. El restante 14.29% que comprende el estudio realizado por Gray et al. (2015) utiliza un aparato de recolección de microcapas de agua superficial siguiendo la metodología de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (1985).

Otra diferencia de los estudios que muestrean agua, es el lugar donde se muestrea, por ejemplo, el estudio de Zhao, Zhu, Wang & Li (2014) realizado en China es el único que contempla tres diferentes distancias: cerca de la orilla, intermedia a la orilla y más alejada de la orilla y es este mismo el que muestrea a una mayor profundidad (1 m). El estudio de Gallagher et al. (2015) muestrea

únicamente en el lugar lo más cercano posible de la marea alta y lo hace tanto río arriba como río abajo.

Un interesante dato logró apreciarse en los estudios realizados por Zhao et al. (2014) y (2015) ya que, en estos dos estudios se utiliza formalina para almacenar las muestras. En el estudio del año 2014 lo hace con una concentración del 2.5% y en el del año 2015 lo hace con una concentración del 5%. La formalina es un químico con propiedades que ayuda a la conservación de órganos, tejidos o materia orgánica por lo que es muy usada en varios campos científicos (Álvarez & Sánchez, 2012). Zhao et al. (2014) y (2015) la usan para frenar el proceso de descomposición de las muestras hasta que puedan ser analizadas. Ningún otro estudio analizado utiliza este químico.

Otro estudio que también presenta un dato interesante que ningún otro lo toma en cuenta es el de Yonkos et al. (2015) ya que durante todos los muestreos analiza los parámetros físico químicos del agua (temperatura y salinidad).

Para los estudios que lo que buscan muestrear es sedimentos también se encuentran varias diferencias como por ejemplo el lugar, la mitad de ellos toman en cuenta la importancia de conocer la ocurrencia de MPs en sedimentos donde domine agua salada y otros donde domine agua dulce y éstos son los realizados en México por Wessel, Lockridge, Battiste & Cebrian (2016), en China por Li et al. (2018) y en la India por Sruthy & Ramasamy (2016). Tomar en cuenta este aspecto permitiría conocer si la salinidad influye en la ocurrencia de MPs. Los demás estudios realizados en sedimentos no toman en cuenta este aspecto.

El analizar parámetros físico químicos del suelo no ha sido tomado en cuenta en la mayoría de estudios analizados, tan solo un estudio lo toma en cuenta y es el realizado en China por Li, Yu, Chai, Wu & Zhu en el año 2019, lo que demuestra que éste aspecto ha sido completamente ignorado hasta el año pasado, a pesar

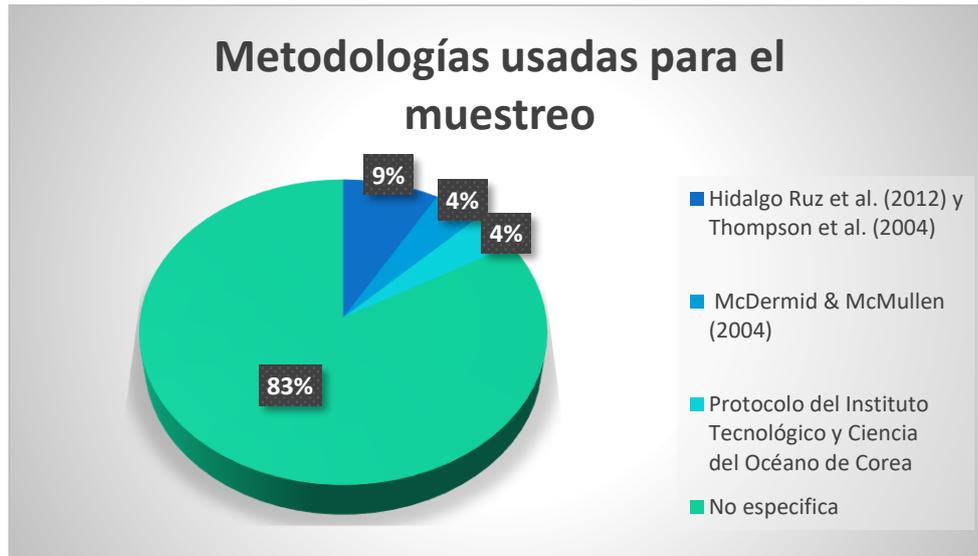
de que podría ofrecer datos muy interesantes sobre la ocurrencia de MPs dependiendo de las características del sedimento.

En más del 90% de los estudios se trata de evitar el uso de materiales plásticos durante el proceso de muestreo, para mitigar los riesgos de contaminación cruzada, sin embargo, este no es el caso del estudio realizado en China por Peng, Zhu, Yang, Su, Shi & Li (2017) donde utiliza botellas de HDPE (por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) para transportar las muestras. A pesar de que en el estudio mencionado se hace énfasis en que estas botellas han sido previamente lavadas y cuidadosamente guardadas, Toledo (2019) considera que ésta no es una práctica adecuada y recomienda evitar el uso de materiales plásticos durante todo el proceso para evitar la contaminación cruzada causada por partículas de plástico de fuentes cercanas.

### **3.2.3 Análisis comparativo de las metodologías de muestreo**

Como se ha expresado anteriormente, la manera en que los autores realizan los muestreos, varía de estudio a estudio, no existen dos estudios que sigan exactamente el mismo protocolo de muestreo, esto puede deberse a que los objetivos que se plantean los autores son diferentes dependiendo del alcance del estudio o incluso de la disponibilidad de tiempo y recursos.

Como se puede apreciar en el Figura 5, en la mayoría de los estudios no se especifica la metodología de muestreo en la que se basaron. Los estudios que si lo especifican se basan en ciertas metodologías o protocolos, pero con modificaciones para adaptarlos a sus propias condiciones y siempre se detalla cuales modificaciones se han realizado.



*Figura 5. Metodologías de muestreo*

A pesar de ello se ha logrado evidenciar factores que se mantienen constantes, por ejemplo, para el muestreo de agua tanto en playas como en estuarios lo más común es utilizar redes de arrastre con mallas que comprenden un rango de tamaño entre 0.053 y 3 mm. Mientras que para el muestreo de sedimentos lo más común es tomar muestras compuestas en varios puntos del lugar de muestreo realizando cuadrantes de 50 x 50 cm y recogiendo el sedimento de los 5 cm superiores.

La época del año en la que se realizan los muestreos también es otra variable entre los estudios analizados. En la Figura 6 se puede apreciar que más de la mitad se han realizado en épocas de verano, tres que corresponden al 12.5% los realizan tanto en épocas de invierno como de verano y tan solo dos de ellos los realizan durante épocas de invierno.

El 21% de los estudios no especifican en que época del año se realizó el muestreo.



Figura 6. Época del año durante el muestreo

En cuanto a la toma de muestras y su transporte, la mayoría de estudios recalcan la estricta restricción del uso de materiales plásticos durante el muestro, sin embargo, en tres de ellos las muestras han sido transportadas en botellas o bolsas plásticas, lo que según Toledo (2019) debería evitarse ya que así se logra mitigar los riesgos de contaminación cruzada tanto durante el muestreo como en el transporte al laboratorio.

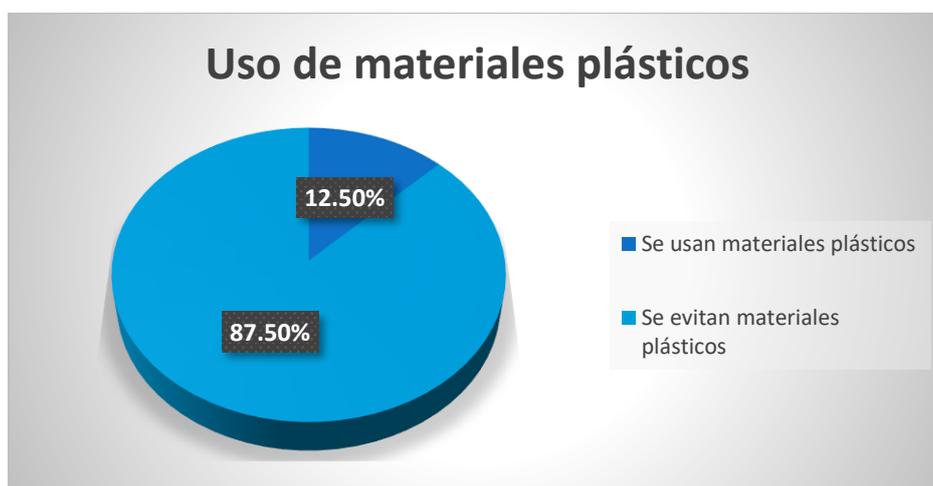


Figura 7. Uso de materiales plásticos en los muestreos

La temperatura a la que las muestras son transportadas se especifica únicamente en el estudio de Xu et al. (2018), este parámetro no es mencionado en ningún otro estudio por lo que se asume que el procedimiento habitual es transportarlos a temperatura ambiente.

### 3.4 Análisis de las metodologías usadas en laboratorio

Las metodologías de análisis en laboratorio varían en ciertos aspectos, por ejemplo: el tiempo que se deja secar la muestra, la temperatura del horno, el tiempo que se deja reposar las muestras para la separación. Todas estas variaciones se deben a que los autores de los estudios se guían de diferentes métodos descritos en otros estudios y realizan cambios para acoplarlos a su situación.

#### 3.3.1 Análisis de las metodologías usadas en laboratorio para muestras de playa

Tabla 7.

*Metodologías usadas en laboratorio para muestras de playa*

Título del estudio	Autores	Año	País	Metodología usada en laboratorio
<b>PLAYAS</b>				
OCCURRENCE AND DISTRIBUTION OF MICROPLASTICS IN MARINE SEDIMENTS ALONG THE BELGIAN COAST	Michiel Claessens, Steven De Meester, Lieve Van Landuyt, Karen De Clerck & Colin R. Janssen	2011	Bélgica	- Los MPs se analizaron usando el método de Thompson et al. (2004). - Se añadieron 3 L de solución salina a 1 kg de sedimento, se agitó por 2 min y se dejó reposar por 1 hora para posteriormente verter el sobrenadante a través de un tamiz de 38 µm.

				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para determinar si el método tiene una buena eficiencia se sometió al mismo proceso muestras de sedimento limpio enriquecido con cantidades conocidas de MPs y esto se utilizó como factor de corrección.</li> <li>- Los MPs extraídos se agruparon en categorías: fibras, gránulos, películas y esferas. Estos fueron contados e identificados mediante espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR).</li> </ul>
MUESTREO NACIONAL DE MICROPLÁSTICOS EN LAS PLAYAS DE CHILE	Valeria Hidalgo, Vivian Macaya, Lucas Eastman & Martin Thiel	2012	Chile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se receptaron las fichas llenas de los estudiantes y se procesaron los datos.</li> </ul>
CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRIMARIOS EN EL AMBIENTE MARINO DE UNA PLAYA URBANA EN CARTAGENA DE INDIAS	Isabel Clara Acosta Coley	2014	Colombia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La extracción de MPs se llevó a cabo mediante el método de flotación descrito en Thompson et al. (2004) con una solución hipersalina.</li> <li>- Los sobrenadantes fueron secados y divididos por colores.</li> <li>- Para determinar su composición química se usó espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR).</li> </ul>
MACRODEBRIS AND MICROPLASTICS	Betty Laglbauer, Rita Melo Franco Santos, Miguel	2014	Eslovenia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La extracción de MPs se llevó a cabo mediante el método de separación por densidades descrito en Thompson et al.</li> </ul>

FROM BEACHES IN SLOVENIA	Andreu Cazenave, Lisa Brunelli, Maria Papadatou, Andreja Palatinus, Mateja Grego & Tim Deprez			<p>(2004) con una solución de NaCl.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los sobrenadantes fueron filtrados a través de un tamiz de 250 µm.</li> <li>- Para determinar su forma se clasificó visualmente usando un microscopio y se dividió en cuatro categorías: fibras, gránulos, películas y fragmentos.</li> </ul>
MICROPLASTIC CONCENTRATIONS IN BEACH SEDIMENTS ALONG THE GERMAN BALTIC COAST	Andrea Stolte, Stefan Forster, Gunnar Gerdts & Hendrik Schubert	2015	Alemania	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La extracción de MPs se llevó a cabo mediante el método de separación por densidades descrito en Hidalgo Ruz et al. (2012) con una solución de CaCl<sub>2</sub>. Durante 4 horas estuvo sometido a un proceso de aireación y se le dejó reposar una noche.</li> <li>- Los sobrenadantes fueron filtrados y analizados con ayuda de un microscopio para determinar su forma: fibras, gránulos, películas y fragmentos.</li> <li>- Como la identificación espectroscópica no estaba disponible se considera que las partículas analizadas son MPs potenciales.</li> <li>- Para determinar ciertos porcentajes de error se realizó el mismo procedimiento con muestras de sedimento limpio enriquecido con 200 partículas de polietileno.</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las muestras de agua fueron sometidas a un proceso de digestión con una solución de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30% durante 24 horas para disolver la materia orgánica y posteriormente filtrada a 55 µm.</li> </ul>
HONG KONG AT THE PEARL RIVER ESTUARY: A HOTSPOT OF MICROPLASTIC POLLUTION	Lincoln Fok & P.K. Cheung	2015	China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las muestras se colocaron en un vaso de precipitación con agua corriente y se colocó en un baño ultrasónico durante 5 min.</li> <li>- Se tamizó en húmedo a través de un tamiz de 0.315 mm.</li> <li>- Se realizó una clasificación visual con ayuda de un microscopio y clasificándolos en grupos: poliestireno expandido (EPS), fragmentos y películas.</li> </ul>
PRESENCIA DE MICRÓPLASTICOS EN CUATRO PLAYAS ARENOSAS DE PERÚ	Sara Purca & Aida Henostroza	2017	Perú	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los MPs mayores a 1 mm se contaron sin necesidad de un microscopio y fueron clasificados en: plástico duro, otras espumas, fibra, estireno, pellet blanco, pellet negro, pellet transparente, fragmento de film y otros polímeros.</li> <li>- Se seleccionaron diez piezas de plástico duro para ser analizados con el espectrómetro infrarrojo por transformada de Fourier.</li> <li>- Para los análisis de MPs menores a 1 mm se añadió agua de mar a cada frasco hasta completar su capacidad</li> </ul>

				y luego se filtró al vacío con un filtro de fibra de vidrio (poro = 1 µm).
ESTUDIO DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN DOCE PLAYAS DE LA ISLA DE TENERIFE (ISLAS CANARIAS)	Cristina Villanova, Francisca Romero, Sonia Fernández, Miguel Muñoz & Sara Álvaro	2018	España	- Se colocó 450 gr de cada muestra en 1 L de agua y se dejó reposar durante 48 horas. - Se filtró el sobrenadante mediante 3 tamices: 4 mm, 1 mm, 0.5 mm.
MICROPLÁSTICOS EN LA ZONA DE MAREA ALTA Y SUPRALITORAL DE UNA PLAYA ARENOSA DEL LITORAL COSTERO DEL PERÚ	José Iannacone, Alonso Huyhua, Lorena Alvariño, Fernando Valencia, Fabiola Príncipe, David Minaya, José Ortega, George Argota & Luz Castañeda	2019	Perú	- Para extracción de MPs primarios se usó el procedimiento descrito por Besley et al. (2017). Se secaron los sedimentos en la estufa durante 48 horas. Luego 50 gr de este fueron sometidos a un proceso de separación por densidades con NaCl y se dejó reposar de 5 a 7 horas. - Los MPs que pasaron a través del tamiz fueron clasificados directamente como MPs secundarios y no fueron sometidos a ningún tratamiento en laboratorio. - Una vez obtenidos se clasificó visualmente con ayuda de un microscopio por su forma: redondo, filamentoso, angular y otras formas. Y por su color: azul, rojo, transparente/blanco, negro, verde y otros colores (pardo, morado, amarillo, etc).
MICROPLASTICS: SOURCES AND DISTRIBUTION IN	Nancy Ramírez, Lorena Ríos,	2019	México	- Las muestras de sedimentos se filtraron a través de varios tamices 1000, 500, 250 y 90

SURFACE WATERS AND SEDIMENTS OF TODOS SANTOS BAY, MEXICO	José Macías, Lucero Oregel, Arturo Alvarez, Félix Hernández, José Luis Sánchez, Charles James Moore, Hortencia Silva & Luis Felipe Navarro			<p>µm y se dejaron secar en el horno 45 ± 5°C durante una semana.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se contabilizaron mediante inspección visual con microscopios. Y también se clasificó en: fragmentos, fibras y otros (microperlas o películas).</li> <li>- En muestras con más de 100 piezas, se tomó el 10% para ser analizadas con espectroscopia con transformada de Fourier.</li> </ul>
ABUNDANCE, MORPHOLOGY AND CHEMICAL COMPOSITION OF MICROPLASTICS IN SAND AND SEDIMENTS FROM A PROTECTED COASTAL AREA: THE MAR MENOR LAGOON (SE SPAIN)	Javier Bayo, Dolores Rojo & Sonia Olmos	2019	España	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se secan las muestras en el horno 60°C durante una noche y luego se tamizó en un tamiz de malla de 5 mm.</li> <li>- Se sometió a un proceso de separación de densidades con NaCl durante 20 min y luego se filtró.</li> <li>- Se examinaron bajo un microscopio según su color, forma y tamaño.</li> <li>- Se usó espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para la identificación de la composición química.</li> </ul>
ABUNDANCE AND DISTRIBUTION OF MICROPLASTICS ON SANDY BEACHES OF LIMA, PERU	Gabriel Enrique De la Torre, Diana Dioses Salinas, Jasmin Castro, Rosabel Antay, Naomi Yupanqui,	2020	Perú	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las muestras se secaron durante toda la noche a temperatura ambiente.</li> <li>- Se tamizaron (1, 2.8 y 4.75 mm). Los residuos de cada tamiz se colocaron en una solución salina NaCl durante 15 min.</li> </ul>

	Dante Espinoza Morriberón & Miguel Saldaña Serrano		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los sobrenadantes fueron retirados manualmente y analizados visualmente con un microscopio clasificándolos por forma: espumas, fragmentos, pellets, fibras/líneas. Y color: blanco, azul, rojo, verde, amarillo, negro, transparente y otros colores.</li> <li>- Se seleccionaron 25 MPs de diferentes formas para que su composición química sea analizada con espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR).</li> </ul>
--	--	--	---

Como era de esperarse estos análisis varían mucho unos de otros, en primer lugar, la forma en la que secan los sedimentos para su posterior análisis. En la mayoría de los estudios no se menciona esta parte del procedimiento, que puede influir también en los resultados. Únicamente en tres de los estudios analizados en la Tabla 7 se habla sobre el proceso de secado de las muestras y los tres presentan diferentes metodologías; el realizado por Ramírez et al. (2019) en el cual las muestras fueron dejadas en el horno durante una semana, esto puede deberse a que las muestras de sedimentos fueron tomadas en el fondo del mar y contienen mucha más humedad; el realizado por Bayo et al. (2019) que dejaron las muestras en el horno a 60°C durante una noche y el estudio realizado por De la Torre et al. (2020) en el cual dejaron secar las muestras a temperatura ambiente durante una noche.

Otro procedimiento en el cual varían mucho es en el método que utilizan para la extracción de MPs de las muestras. Si bien es cierto que todos los estudios coinciden en que utilizan el método de separación por densidades o flotación, en lo que si cambian mucho es: 1) en el reactivo utilizado, 2) en la cantidad de

muestra utilizada y 3) el tiempo que se deja reposar la muestra para la decantación. Un claro ejemplo son los estudios de Claessens, De Meester, Van Landuyt, De Clerck & Janssen (2011), Iannacone et al. (2019), Bayo et al. (2019) y De la Torre et al. (2020) en todos éstos se aplica una solución salina (solución enriquecida con NaCl) pero se deja actuar diferentes periodos de tiempo: 1 hora, 5 - 7 horas, 20 min y 15 min, respectivamente. Por otra parte, hay estudios en los cuales no se utiliza ningún reactivo, sino únicamente agua corriente, como es el caso de Fok & Cheung (2015) que agregaron agua simple a la muestra para posteriormente someterla a un baño ultrasónico por 5 minutos. Y el realizado por Villanova et al. (2018) quienes dejaron reposar la muestra en agua simple durante 48 horas. Así mismo sucede con la cantidad de sedimento utilizado, varía en todos los estudios.

Los tamaños de los tamices utilizados también presentan un amplio rango de diferencia que va desde 33  $\mu\text{m}$  hasta 1000  $\mu\text{m}$ , a pesar de ello, por obvias razones ninguno excede los 5 mm.

En la mayoría de estudios se coincide en clasificar los MPs por su tamaño, color y forma. A su vez éstos se subdividen, por ejemplo, el color se divide generalmente en: azul, rojo, transparente/blanco, negro, verde y otros colores (pardo, morado, amarillo, etc.) (Iannacone et al., 2019). La forma de los MPs se divide en: fibras, gránulos, películas y esferas; solo algunos estudios incrementan algunas formas adicionales como es el caso del realizado por Iannacone et al. (2019) que aumenta la forma angular y el de Purca & Henestroza (2017) donde se aumenta la forma de espuma.

Algunos estudios también clasifican los MPs por su composición química, pero solo cuando se tiene la posibilidad de realizar espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier (FT-IR). De los estudios presentados el 50% utilizaron este método, incluso los estudios de Purca & Henestroza (2017) y De la Torre et al. (2020) realizados en América del Sur. Existe un estudio en el que se plantea una interesante propuesta ya que se deseaba clasificar los MPs, pero la

identificación espectroscópica no estaba disponible; lo que se hizo fue que se consideró a las partículas analizadas como MPs potenciales, especialmente las partículas transparentes que son más susceptibles a ser clasificadas erróneamente por lo que se clasifican a estas como MPs potenciales si su estructura es claramente distinta a la del sedimento natural. Cosa que no ocurre con las partículas de color ya que son claramente identificadas como MPs (Stolte et al., 2015).

Otro planteamiento bastante interesante es el propuesto en dos de los estudios: Claessens et al. (2011) y Stolte et al. (2015) en los cuales para determinar si el método de análisis que están realizando tiene una buena eficiencia se sometió al mismo proceso de extracción muestras de sedimento limpio enriquecido con cantidades conocidas de MPs, al finalizar los procedimientos se logró concluir que no todas las micro partículas agregadas fueron recuperadas, lo que quiere decir que, no todos los MPs presentes en las muestras son recuperados al 100%.

Este planteamiento no ha sido aplicado en ningún estudio realizado en América del Sur y cabe mencionar que, en el estudio realizado en Chile por Hidalgo, Macaya, Eastman & Thiel (2012) no se realizó ningún procedimiento de análisis en laboratorio. Además, fue el único estudio en el cual los MPs encontrados fueron divididos en: fragmentos, pellets y colillas de cigarrillo, argumentando que éstas últimas son desechos plásticos ya que en su composición tienen acetato (un tipo de plástico).

### **3.3.2 Análisis de las metodologías usadas en laboratorio para muestras de estuarios**

Tabla 8.

*Metodologías usadas en laboratorio para muestras de estuarios*

Título del estudio	Autores	Año	País	Metodología usada en laboratorio
<b>ESTUARIOS</b>				
SUSPENDED MICROPLASTICS IN THE SURFACE WATER OF THE YANGTZE ESTUARY SYSTEM, CHINA: FIRST OBSERVATIONS ON OCURRENCE, DISTRIBUTION	Shiye Zhao, Lixin Zhu, Teng Wang & Daoji Li	2014	China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las muestras que visualmente contenían grandes cantidades de materia orgánica fueron sometidas a un proceso oxidativo con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30% siguiendo la metodología de Nuelle, Dekiff, Remy &amp; Fries (2014).</li> <li>- Se separaron los MPs usando el método de flotación con cloruro de zinc (ZnCl<sub>2</sub>).</li> <li>- Para la identificación de los MPs se tiene en cuenta los criterios de Mohamed Nor &amp; Obbard (2014) y Norén (2007).</li> <li>- Los MPs extraídos se contaron y clasificaron según su forma: fibras, películas, gránulos y esferas. Tamaño: 0.5 - 1 mm, 1 - 2.5 mm, 2.5 - 5 mm y &gt;5 mm. Y color con ayuda de un microscopio.</li> <li>- Se tomó en cuenta contaminación cruzada por aire y se trató de evitarla siguiendo las medidas utilizadas por Nuelle et al. (2014).</li> </ul>
MICROPLASTICS IN FOUR ESTUARINE RIVERS IN THE CHESEAPEAKE BAY, U.S.A	Lance T. Yonkos, Elizabeth A. Friedel, Ana C. Perez, Sutapa Ghosal &	2014	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para la extracción se tomaron en cuenta los pasos descritos por Baker et al. (2014).</li> <li>- Se enjuagaron los envases que contenían las muestras con agua desionizada para</li> </ul>

	Courtney D. Arthur			<p>pasarlos a vasos de vidrio y ser secados en el horno a 75°C por 24 horas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Una vez transcurrido este tiempo se sometieron a una solución de Fe (II) 0.05 M y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30% para facilitar la digestión del material orgánico.</li> <li>- Después de esto se sometió a un proceso de flotación con una solución salina (300 gr de sal por 1 L de agua desionizada), se deja reposar durante 1 hora.</li> <li>- Los MPs extraídos se examinan visualmente con un microscopio y además 10 de ellos con micro espectroscopia Raman.</li> </ul>
ON THE QUANTITY AND COMPOSITION OF FLOATING PLASTIC DEBRIS ENTERING AND LEAVING THE TAMAR ESTUARY, SOUTHWEST ENGLAND	Saeed S. Sadri & Richard C. Thompson	2014	Inglaterra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se filtraron las muestras con un conjunto de tamices de diferentes tamaños de malla (3 mm, 1 mm y 270 µm).</li> <li>- Se transfirieron a placas de Petri y se clasificaron de acuerdo a su tamaño: &gt;5 mm, 3 - 5 mm, 1 3 mm y &lt;1 mm. Formas: fragmentos, lámina, fibra y pellet.</li> <li>- En el 50% de las piezas de cada grupo de tamaño se utilizó el análisis de espectrometría infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR) para indicar su composición química.</li> </ul>

MICROPLASTIC IN THREE URBAN ESTUARIES, CHINA	Shiye Zhao, Lixin Zhu & Daoji Li	2015	China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En las muestras con alto contenido orgánico se realizó un proceso de digestión enzimática como lo describe Cole et al. (2014).</li> <li>- Después se filtró a través de un filtro Sartorius (47 mm, tamaño de poro de 1.2 mm).</li> <li>- Se volvió a enjuagar y se dejó secar en el horno a 55°C por 24 horas.</li> <li>- Se analizaron con un microscopio tamaño: 0.5 - 1, &lt;1 - 2, &lt;2 - 3, &lt;4 - 5 y &gt;5 mm. Forma: fibra, película, gránulos y pellets. Y color: blanco, transparente, negro y de color.</li> <li>- Se toma en cuenta contaminación cruzada por aire.</li> <li>- 41 MPs fueron seleccionados para ser caracterizados mediante micro espectroscopia Raman para identificar su composición química.</li> </ul>
MICROPLASTICS IN THE SOLENT ESTUARINE COMPLEX, UK: AN INITIAL ASSESSMENT	Anthony Gallagher, Aldous Rees, Rob Rowe, John Stevens & Paul Wright	2015	Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Señala que se basó en las metodologías de Hidalgo Ruz et al. (2012) y Thompson et al. (2004).</li> <li>- Se agregó a las muestras una solución hipersalina y posteriormente se filtraron.</li> <li>- Se clasificaron según su forma: irregulares, redondas, ovals y fibras. Y color: negro, blanco, transparente, azul, amarillo, verde, naranja, café.</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizó el análisis de espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier.</li> </ul>
<p>ABUNDANCE AND CHARACTERISTICS OF MICROPLASTICS IN BEACH SEDIMENTS: INSIGHTS INTO MICROPLASTIC ACCUMULATION IN NORTHERN GULF OF MEXICO ESTUARIES</p>	<p>Caitlin C. Wessel, Grant R. Lockridge, David Battiste &amp; Just Cebrian</p>	2016	México	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En este estudio se detalla el funcionamiento de un equipo armado con tubos PVC para separar los MPs por una sección de tamices, un interesante procedimiento que no se ha visto en ningún otro estudio.</li> <li>- Se analizó forma, tamaño: 0.2 - 1, 1 - 2, 2 - 3, 3 - 4, 4 - 5 mm, color, longitud y masa.</li> <li>- Se realizó el análisis de espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier.</li> </ul>
<p>MICROPLASTIC POLLUTION IN VEMBANAD LAKE, KERALA, INDIA: THE FIRST REPORT OF MICROPLASTICS IN LAKE AND ESTUARINE SEDIMENTS IN INDIA</p>	<p>S. Sruthy &amp; E. V. Ramasamy</p>	2016	India	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se tamizó a través de un tamiz de 5 mm.</li> <li>- Las muestras tamizadas se dejaron secar al aire en bandejas de vidrio cubiertas con papel aluminio.</li> <li>- Fueron tamizadas nuevamente y se realizó la extracción de MPs según el protocolo de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA).</li> <li>- Se sometieron las muestras a un proceso de oxidación con peróxido húmedo (WPO) y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30% para digerir la materia orgánica.</li> <li>- Se sometió a un proceso de separación por densidad colocando NaCl.</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>- El sobrenadante fue filtrado y examinado bajo un microscopio y se clasificaron por su forma como: fibra, pellet, fragmento, espuma, película.</li> <li>- Se toma en cuenta contaminación cruzada por aire así que se realizaron pruebas con sedimentos limpios para verificar que no existía contaminación por aire.</li> <li>- Se realizó el análisis de micro espectroscopia Raman.</li> </ul>
MICROPLASTICS IN SEDIMENTS OF THE CHANGJIANG ESTUARY, CHINA	Guyu Peng, Bangshang Zhu, Dongqi Yang, Lei Su, Huahong Shi & Daoji Li	2017	China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usa la metodología propuesta por Thompson et al. (2004) con ligeras modificaciones.</li> <li>- Se secan las muestras de sedimento a 70°C durante 24 horas.</li> <li>- Se pesaron 100 gr de sedimento seco y se lo coloca junto con una solución de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30% para degradar la materia orgánica.</li> <li>- Se volvieron a secar las muestras a 70°C durante 24 horas para lograr un peso constante.</li> <li>- Se realiza un proceso de flotación con NaCl (1.2 gr/L) se dejó reposar por 24 horas y se filtra.</li> <li>- El papel del filtro se secó a 40°C durante 24 horas para su inspección microscópica.</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se clasificaron según su forma: fibra, fragmento y redonda. Color: azul, negro, amarillo, transparente, blanco y rojo</li> <li>- Se realizó el análisis de espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier.</li> </ul>
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	Ruilong Li, Linlin Zhang, Baoming Xue & Yinghui Wang	2018	China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizó un procedimiento basado en Wu et al. (2017).</li> <li>- Se secaron las muestras a 60°C y se tamizaron con tamiz de 5 mm.</li> <li>- Se sometieron a un proceso de digestión por oxidación con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30% por 24 horas.</li> <li>- Se sometieron a un proceso de flotación con una solución de formiato de potasio durante una noche.</li> <li>- El sobrenadante se filtró, estos filtros se transfirieron a cajas Petri y se secaron en el horno por 30 minutos a 25°C.</li> <li>- Se analiza tamaño, color y composición química; esta última con análisis de espectroscopia Raman.</li> </ul>
MICROPLASTIC IN TWO SOUTH CAROLINA ESTUARIES: OCURRENCE, DISTRIBUTION, AND COMPOSITION	Austin D. Gray, Hope Wertz, Rachel R. Leads & John E. Weinstein	2018	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se coloca las muestras en frascos con 10 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30% y se deja reposar por una semana siguiendo la metodología descrita por Nuelle et al. (2014).</li> <li>- El sobrenadante se analizó a través de un microscopio, clasificándolo por su tamaño: 63 - 149, 150 - 499, ≥500 µm.</li> </ul>

				<p>Forma: fragmentos, fibras, espuma y esferas de acuerdo a como lo propone Hidalgo Ruz et al. (2012). Y color.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para analizar su composición química se usó espectroscopia con transformada de Fourier.</li> <li>- Para las muestras de agua: éstas fueron transportadas de vuelta al laboratorio donde se vertió el agua a través de una serie de tamices: 500, 150 y 63 <math>\mu\text{m}</math>. Las partículas retenidas en los tamices fueron procesadas y enumeradas como se describe para sedimento.</li> </ul>
MICROPLASTIC RISK ASSESSMENT IN SURFACE WATERS: A CASE STUDY IN THE CHANGJIANG ESTUARY, CHINA	Pei Xu, Guyu Peng, Lei Su, Yongqiang Gao, Lei Gao & Daoji Li	2018	China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizó un proceso de digestión con <math>\text{H}_2\text{O}_2</math> al 30% por 12 horas. Se calentaron las muestras en baño de agua a <math>50^\circ\text{C}</math> para acelerar la reacción.</li> <li>- Los sobrenadantes se filtraron y con ayuda de un microscopio se determinó la forma: fibra, fragmento, película y gránulo esférico según Hidalgo Ruz et al. (2012). El tamaño: <math>&lt;0.07</math>, <math>0.07 - 1</math>, <math>1 - 5</math> y <math>&gt;5</math> mm. Y el color: negro, transparente o coloreado.</li> <li>- Se realiza el análisis de espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier.</li> </ul>
THE DISTRIBUTION, CHARACTERISTICS AND ECOLOGICAL RISKS OF	Ruili Li, Lingyun Yu, Minwei Chai, Hailun Wu &	2019	China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para análisis del suelo: Los métodos se basaron en Chai, Ding, Shen &amp; Li (2019). Los sedimentos secados al</li> </ul>

<p>MICROPLASTICS IN THE MANGROVES OF SOUTHERN CHINA</p>	<p>Xiaoshan Zhu</p>		<p>aire se pretrataron y tamizaron a través de un tamiz de 0.5 mm.</p> <p>El pH se midió usando un medidor de pH.</p> <p>El contenido de TOC se determinó por combustión a 550°C según Cambardella, Gajda, Doran, Wienhold, Kettler (2001).</p> <p>El tamaño de grano se determinó usando un analizador de tamaño de partículas.</p> <p>Las fracciones del tamaño de grano se clasificaron según Gao &amp; Chen (2012): arena (&gt;63 µm); limo (4 - 63 µm); y arcilla (&lt;4 µm).</p> <p>- Para extracción de MPs: Usando el método de separación por densidad descrito en Townsend Sharley &amp; Pettigrove (2019) y Zheng et al. (2019) se colocaron a las muestras cloruro de Zinc (ZnCl<sub>2</sub>) y se dejó reposar por 3 horas.</p> <p>Posterior a eso se realizó el proceso de digestión con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, se calentó en baño de agua a 100°C durante 3 horas.</p> <p>Después de completar la digestión, la muestra se colocó en la caja de secado a 60°C durante 24 horas.</p> <p>Los MPs observados se clasificaron según su tamaño:</p>
---	---------------------	--	--

		<p>&lt;50 µm, 50 - 100 µm, 100 - 500 µm y &gt;500 µm. Forma: fibra, gránulo, película y espuma. Se realizó el análisis de micro espectroscopia Raman para identificar los tipos de polímeros.</p>
--	--	---

En la Tabla 8 se detallan características usadas en laboratorio para la extracción de MPs. Se pueden apreciar que estas características cambian de estudio a estudio. En primer lugar, las metodologías en las que se basan, por ejemplo, Yonkos et al. (2014) sigue los procedimientos descritos en Baker et al. (2014), Peng et al. (2017) se basa en la metodología propuesta Thompson et al. (2014), Xu et al. (2018) en la de Gallagher et al. (2015) que a su vez se basa en dos metodologías, la una propuesta por Hidalgo Ruz et al. (2012) y la de Thompson et al. (2014), el estudio de Sruthy & Ramasamy (2016) por su parte es el único que se basa en el protocolo descrito por la NOAA. De los estudios analizados dos son realizados por el mismo autor, Shiye Zhao, en el estudio que publica en el año 2014 se basa en la metodología de Nuelle et al. (2014) y en los criterios de identificación de MPs propuestos por Mohamed Nor & Obbard (2014) y Norén (2007); mientras que, en el estudio que publica un año después se basa en la metodología propuesta por Cole et al. (2014).

Como se utilizan diferentes metodologías se pueden apreciar varias maneras de extracción y determinación de MPs que van desde diferencias de temperaturas al dejar secar las muestras como Yonkos et al. (2014) que las seca a 75°C, Zhao et al. (2015) a 55°C, Peng et al. (2017) a 70°C, solo Li et al. (2018) y Li et al. (2019) (que no son el mismo autor) concuerdan con que la temperatura sea 60°C. A pesar de ello, en todos los estudios el tiempo de secado se mantuvo constante siendo de 24 horas.

Para la extracción de MPs el primer paso que se realiza, en el 75% de los estudios, es el proceso de oxidación o de digestión, donde se trata de eliminar el

mayor porcentaje de materia orgánica de las muestras. En absolutamente todos los estudios que realizan este proceso, el compuesto que se utiliza es peróxido de hidrógeno o agua oxigenada ( $H_2O_2$ ), en algunos casos se le agregan otros compuestos como en el estudio de Yonkos et al. (2014) donde se agrega Fe (II) a una concentración de 0,05 M y el de Sruthy & Ramasamy (2016) donde se le agrega peróxido húmedo (WPO), pero junto con el  $H_2O_2$ .

Sin embargo, lo que si varía es el tiempo que se dejan reposar las muestras durante este proceso, en la mayoría de estudios no se especifica un tiempo exacto, sino más bien una inspección visual y si se considera que el porcentaje de materia orgánica ha reducido lo suficiente se continúa con el resto de los análisis. Gray et al. (2018) en su estudio deja reposar las muestras en esta solución por una semana, por otra parte, en los estudios de Xu et al. (2018) y Li et al. (2019) se calientan las muestras con  $H_2O_2$  en una especie de baño María para acelerar el proceso de digestión, reduciendo el tiempo a 12 y 3 horas, respectivamente.

El siguiente proceso que se realiza es el de separación, en todos los estudios se realiza una separación por flotación o separación por densidades, donde en el 41.67% de los estudios utilizan una solución hipersalina que por lo general es agua enriquecida con cloruro de sodio (NaCl) en la cual los elementos plásticos se quedan suspendidos y pueden ser fácilmente extraídos. Pero también se usan otros compuestos, por ejemplo, en los estudios realizados por Zhao et al. (2014) y Li et al. (2019) utilizan cloruro de zinc ( $ZnCl_2$ ) y en el estudio de Li et al. (2018) se utiliza formiato de potasio. Los formiatos también son sales solo que resultantes de la neutralización o combinación del ácido fórmico con un hidróxido u óxido metálico por ejemplo: formiato de hierro, de litina, de mercurio, de sodio o en este caso de potasio (Schlumberger, 2020).

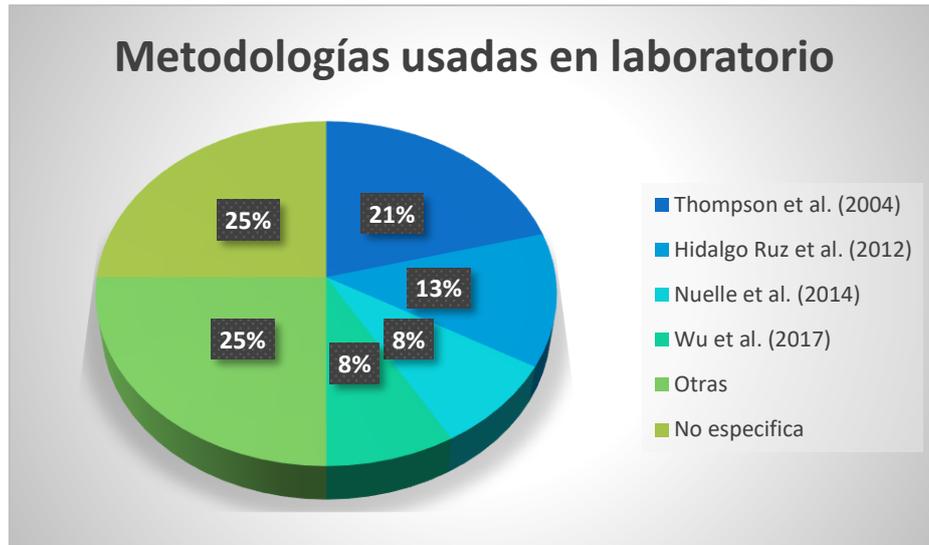
Para realizar la caracterización de los MPs éstos se agrupan de acuerdo a su forma, color y tamaño. Éstos a su vez, se dividen según su tamaño en rangos como: 0.5 - 1, <1 - 2, <2 - 3, <4 - 5 y >5 mm. Algunos de los estudios obvian el

tamaño ya que durante el muestreo se aseguraron de obtener partículas menores a 5 mm, por lo tanto, solo los agrupan de acuerdo a su forma y color. De acuerdo a su forma los dividen generalmente en: fibras, fragmentos, gránulos, pellet, espuma. Y de acuerdo a su color hay gran variedad dependiendo de los MPs que se extraigan, pero en lo que todos coinciden es en transparentes, blancos y de colores.

Otro análisis que se realiza es la espectroscopia para conocer la composición química de los MPs extraídos, este análisis ha sido realizado en ocho de los estudios presentados en la Tabla 5 que corresponden al 66.67%. Se realizan dos clases de espectroscopia: tres estudios (37.5%) utilizan espectroscopia Raman y los otros cinco (62.5%) espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier.

### **3.3.3 Análisis comparativo de las metodologías usadas en laboratorio para muestras de playas y estuarios**

Las metodologías usadas en laboratorio para la extracción y determinación de MPs de muestras de playas y estuarios presentan algunas diferencias. Lo primero que hay que recalcar es que para los análisis de las muestras de playa la metodología más usada fue la propuesta por Thompson et al. (2014); mientras que, los análisis de las muestras de estuarios se basan en su mayoría en la metodología propuesta por Hidalgo Ruz et al. (2012). En la Figura 8 se muestran las metodologías usadas en todos los análisis.



*Figura 8.* Metodologías usadas en laboratorio

El primer procedimiento que se realiza en el 41.7% de los estudios (Fig. 8), es un pretratamiento de las muestras que consta básicamente en dejarlas reposar para su secado, este proceso es más común en muestras de sedimentos. De los estudios que llevan a cabo el secado, un 80% lo realizan en hornos a temperaturas que varían en un rango de 55 - 75°C durante 24 - 48 horas, mientras que, el 20% deja secar las muestras a temperatura ambiente durante periodos de tiempo diferentes; en el caso de Ramírez et al. (2019) durante una semana y en el caso del estudio hecho por De la Torre et al. (2020) durante una noche. Esto podría deberse a que en el primer caso eran muestras de agua y en el segundo caso muestras de sedimento.

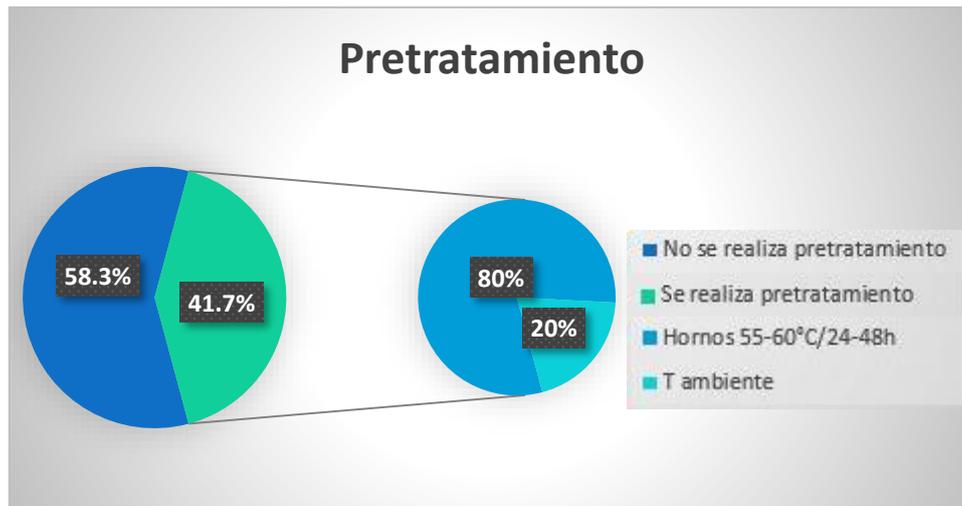
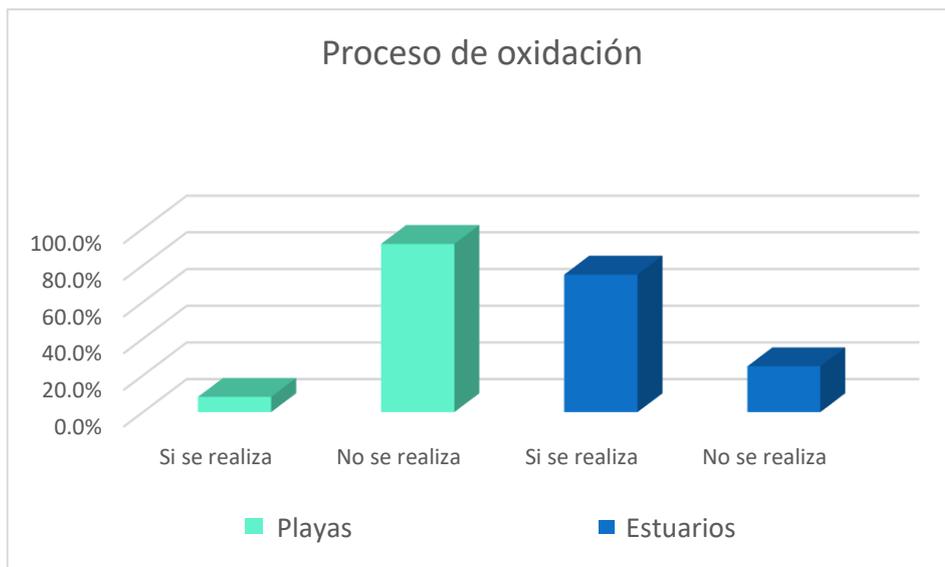


Figura 9. Pretratamientos realizados

El siguiente proceso a realizarse es el de digestión enzimática o también llamado de oxidación, en el cual se agregan las muestras a una solución con un compuesto que digiera la materia orgánica, ya que se trata de disminuir el porcentaje de ésta lo máximo posible (Toledo, 2019). En la Figura 10 se muestra como este procedimiento se realiza en tan solo el 8.33% de los estudios en playas, mientras que en los de estuarios este proceso se realiza en un 75%.

En todos los casos el compuesto utilizado es  $H_2O_2$ , en algunas ocasiones también se le agregan otros compuestos como Fe (II) con una concentración de 0,05 M o peróxido húmedo (WPO), junto con el  $H_2O_2$ , esto debido a que usan metodologías donde el proceso se describe de esa manera.



*Figura 10.* Proceso de oxidación

El proceso para la extracción de MPs usado en el 100% de los estudios analizados es el proceso de separación por flotación o también llamado separación por diferencia de densidades. Las densidades de los plásticos varían entre 0.8 - 1.4 g/cm<sup>3</sup>, para este proceso se agregan las muestras en una solución saturada que tiene una densidad superior a la de los polímeros, por tanto, éstos flotan o se quedan suspendidos y es allí cuando son extraídos para ser identificados. El resto de partículas que no son de interés se sedimentan y se desechan (Toledo, 2019).

En la Figura 11 se aprecia que este procedimiento es realizado en un 50% de estudios de playas y en un 58.3% en estuarios. Generalmente, los estudios que no realizan este procedimiento, es debido a que pasan las muestras por una serie de tamices de entre 70 - 500 µm y de esa manera los MPs son separados.

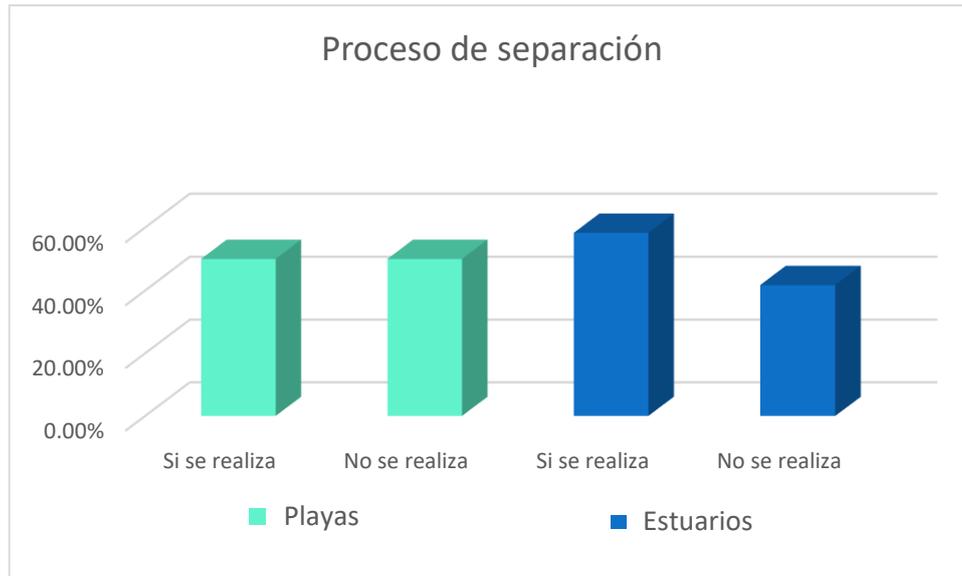


Figura 11. Proceso de separación

En cuanto a lo que se refiere a la clasificación de los MPs extraídos, estos son clasificados en tres importantes factores: forma, tamaño y color.

Tabla 9.

Clasificación de los MPs

CLASIFICACIÓN	PLAYAS	ESTUARIOS
Forma, color y tamaño	3	5
Forma y tamaño	1	1
Forma y color	2	2
Tamaño y color	-	1
Tamaño	1	1
Forma	3	1
Color	2	-
Ninguno	-	1
TOTAL	12	12

Como se puede apreciar, la manera en la que los estudios clasifican los MPs es muy variada, sin embargo, todas estas características son importantes al momento de identificar MPs y sus posibles fuentes. El único estudio que no realiza ninguna de estas caracterizaciones es el realizado por Yonkos et al. (2014) en el cual los resultados se presentan únicamente en masa por unidad de superficie ( $\text{g}/\text{km}^2$ ) y partículas por unidad de superficie ( $\text{piezas}/\text{km}^2$ ).

Para determinar la composición química de los MPs se utilizan métodos espectroscópicos. En los estudios se realizan de dos clases: espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FT - IR) y espectroscopia Raman. La espectroscopia infrarroja consiste en hacer pasar las muestras a través de un haz infrarrojo por lo que existe una excitación de las vibras moleculares, ésta excitación provoca una energía vibracional que se relaciona con una frecuencia de luz IR aportando información sobre la composición molecular, como cantidad de átomos, enlaces y estructuras (Manzano et al. 2018); y, la transformada de Fourier es una operación matemática por la cual se transforma el movimiento de una onda en la suma de sus senos o cosenos, haciendo posible su identificación (Skoog & West, 1980).

En cambio, la espectroscopia Raman se basa en la dispersión de la luz causada por su interacción con la materia, en la que la luz dispersada tiene la misma frecuencia que la luz incidente, esta luz dispersada se detecta a diferentes frecuencias constituyendo el espectro de la muestra haciendo posible su identificación (Turell & Corset, 1996).

La Figura 12 muestra que un 45.8% de los estudios utiliza la espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier, mientras que tan solo el 12.5% realizan análisis de espectroscopia Raman. Cabe mencionar que en todas las muestras tomadas en playas se realizó espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier, el análisis de espectroscopia Raman solo se realizó en muestras tomas de estuarios.

Un 41.7% de los estudios no realizó este análisis, en algunos casos debido a la falta de disponibilidad de equipos.

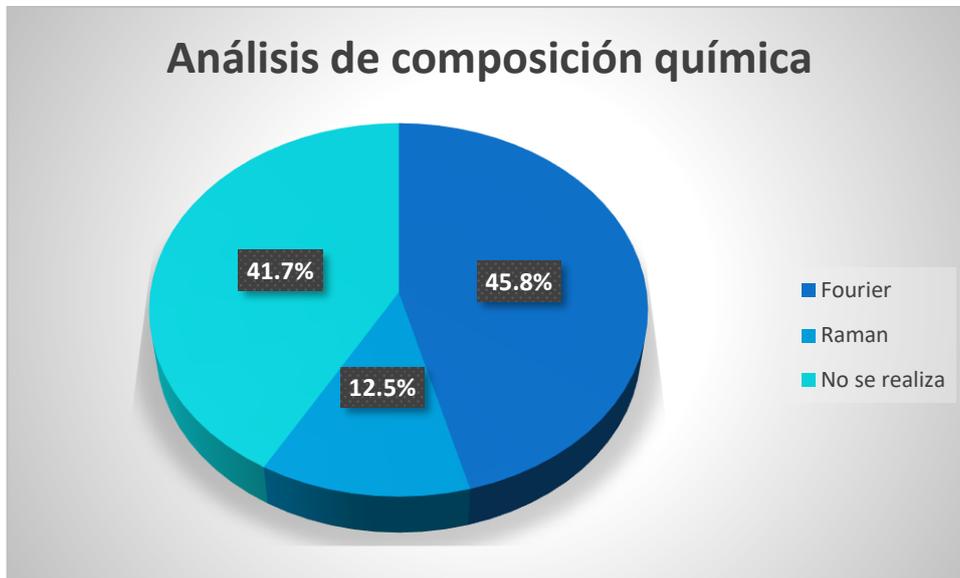


Figura 12. Análisis para determinación de composición química

### 3.5 Análisis de los resultados

Como se ha venido planteando a lo largo de todo el análisis los resultados son susceptibles a presentar notables variaciones debido a factores que cambian de metodología a metodología.

#### 3.4.1 Análisis de los resultados en playas

Tabla 10.

*Resultados de los estudios realizados en playas*

Título del estudio	Autores	Año	País	Resultados Obtenidos
PLAYAS				

OCCURRENCE AND DISTRIBUTION OF MICROPLASTICS IN MARINE SEDIMENTS ALONG THE BELGIAN COAST	Michiel Claessens, Steven De Meester, Lieve Van Landuyt, Karen De Clerck & Colin R. Janssen	2011	Bélgica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las concentraciones de MPs se expresaron en mg de MPs por kg de sedimento seco (mg/kg) y, en número de micro partículas por kg de sedimento seco (<math>\mu\text{p}/\text{kg}</math>).</li> <li>- La playa de Groenendijk fue donde más presencia de MPs hubo (1.63 mg/kg), seguida por Knokke (1.19 mg/kg) y Koksijde (0.77 mg/kg).</li> <li>- En las 3 playas la categoría de fibras fue la más abundante, seguida por los gránulos y finalmente las películas. No se encontró ningún MPs en forma de esfera.</li> <li>- Las fibras se identificaron como polipropileno, nylon y alcohol polivinílico. Los gránulos como poliestireno. Y todas las películas como nylon. Las partículas granulares se identificaron como polipropileno, polietileno o poliestireno.</li> </ul>
MUESTREO NACIONAL DE MICROPLÁSTICOS EN LAS PLAYAS DE CHILE	Valeria Hidalgo, Vivian Macaya, Lucas Eastman & Martin Thiel	2012	Chile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 90% de las playas muestreadas presentó MPs.</li> <li>- En todas las playas la mayor abundancia de MPs fueron de tipo fragmentos (80.9%).</li> </ul>
CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRIMARIOS EN EL AMBIENTE MARINO	Isabel Clara Acosta Coley	2014	Colombia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durante la temporada seca los pellets presentaban poca asociación con restos vegetales, mientras que en la</li> </ul>

<p>DE UNA PLAYA URBANA EN CARTAGENA DE INDIAS</p>				<p>temporada de lluvia si se asociaban más.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los pellets de color blanco son los más abundantes, seguidos por color arena, gris, ámbar, amarillo claro, pigmentados y marrón.</li> <li>- La composición más abundante fue de polietileno seguido por polipropileno.</li> </ul>
<p>MACRODEBRIS AND MICROPLASTICS FROM BEACHES IN SLOVENIA</p>	<p>Betty Laglbauer, Rita Melo Franco Santos, Miguel Andreu Cazenave, Lisa Brunelli, Maria Papadatou, Andreja Palatinus, Mateja Grego &amp; Tim Deprez</p>	<p>2014</p>	<p>Eslovenia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todas las muestras excepto una presentaron MPs.</li> <li>- Las fibras es la forma más común en la que se presentan, seguida por fragmentos, películas y ninguna muestra contenía gránulos.</li> <li>- El 74%, es decir, la mayoría de MPs era mayor a 1 mm.</li> <li>- Se encontraron en promedio 133.3 partículas por kg de sedimento.</li> </ul>
<p>MICROPLASTIC CONCENTRATIONS IN BEACH SEDIMENTS ALONG THE GERMAN BALTIC COAST</p>	<p>Andrea Stolte, Stefan Forster, Gunnar Gerdts &amp; Hendrik Schubert</p>	<p>2015</p>	<p>Alemania</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En las muestras enriquecidas artificialmente se recupera la mayoría de MPs especialmente los de tamaños de 100 µm - 1 mm.</li> <li>- En todas las muestras de sedimento se encuentran MPs en su mayoría del tipo fibra.</li> <li>- Se encontraron mayores concentraciones de MPs en los lugares de muestreo más próximos a sitios de</li> </ul>

				producción, actividad pesquera y turismo.
HONG KONG AT THE PEARL RIVER ESTUARY: A HOTSPOT OF MICROPLASTIC POLLUTION	Lincoln Fok & P.K. Cheung	2015	China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los tipos de MPs más comunes fueron poliestireno expandido con un 92%, fragmentos 5% y gránulos 3%.</li> <li>- La abundancia fue significativamente mayor en la costa oeste que en la costa este, lo que indica que el río Perla, que está al oeste de Hong Kong, puede ser una fuente potencial de desechos plásticos.</li> <li>- Se recolectaron varios artículos plásticos de los cuales el 91% corresponden a MPs.</li> </ul>
PRESENCIA DE MICRÓPLASTICOS EN CUATRO PLAYAS ARENOSAS DE PERÚ	Sara Purca & Aida Henostroza	2017	Perú	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MPs clasificados como plástico duro mayores a 1 mm fueron encontrados en las cuatro playas, representando más del 80% de cada muestra.</li> <li>- La composición determinada por el FT - IR determinó la presencia de: cinco fragmentos de poliuretano, uno de espuma de estireno y otro de pieza de estireno.</li> </ul>
ESTUDIO DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN DOCE PLAYAS DE LA ISLA DE TENERIFE (ISLAS CANARIAS)	Cristina Villanova, Francisca Romero, Sonia Fernández, Miguel Muñoz & Sara Álvaro	2018	España	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solo una (La Tejita) de las doce playas no presentó MPs.</li> <li>- Los MPs encontrados tuvieron en su mayoría tamaños superiores a 1mm y estaban ubicados en la línea de marea baja.</li> </ul>

				<p>- En siete de las doce playas no se encontraron MPs en la línea intermedia.</p> <p>- Los MPs mayores a 4mm solo se encontraron en la línea de marea alta.</p>
<p>MICROPLÁSTICOS EN LA ZONA DE MAREA ALTA Y SUPRALITORAL DE UNA PLAYA ARENOSA DEL LITORAL COSTERO DEL PERÚ</p>	<p>José Iannacone, Alonso Huyhua, Lorena Alvariño, Fernando Valencia, Fabiola Principe, David Minaya, José Ortega, George Argota &amp; Luz Castañeda</p>	<p>2019</p>	<p>Perú</p>	<p>- Los MPs encontrados se presentaron en número de partículas por kg de arena.</p> <p>- MPs primarios: Se contabilizó en total 56.32 MP/2kg sumando los resultados de la línea de marea alta y supralitoral. Hubo mayor presencia de MPs en el supralitoral (39.71 MP/kg) que en la línea de marea alta (16.61 MP/kg). La forma más abundante fue la de filamentos 86.13%, seguida por angular, otras formas y finalmente redondo. El color más abundante fue el de otros colores 46.28%, seguido por transparente/blanco 20.5% y azul 12.3%.</p> <p>- MPs secundarios: Se contabilizó 29.25 MP/2kg sumando los resultados de la línea de marea alta y supralitoral. Hubo más en la supralitoral (21.08 MP/kg) y en la línea de marea alta (8.06 MP/kg). Según su forma la más abundante fue otras formas</p>

				42.46%, seguido de angular 35.38%, y redondas 4.17%. Los colores más abundantes fueron el transparente/blanco 39.54% y el menos frecuente el verde 5.32%
MICROPLASTICS: SOURCES AND DISTRIBUTION IN SURFACE WATERS AND SEDIMENTS OF TODOS SANTOS BAY, MEXICO	Nancy Ramírez, Lorena Ríos, José Macías, Lucero Oregel, Arturo Alvarez, Félix Hernández, José Luis Sánchez, Charles James Moore, Hortencia Silva & Luis Felipe Navarro	2019	México	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La concentración de MPs se expresó como partículas de plástico/L (pp/L) o pp/m<sup>3</sup>.</li> <li>- Solo se consideraron MPs superiores a 250 µm para el análisis de identificación y concentración. Los de tamaño 90 µm son representados como datos suplementarios.</li> <li>- Agua superficial: 50% fragmentos, 47% fibras. Y una concentración de 0.01 a 0.70 pp/m<sup>3</sup>.</li> <li>- Sedimento: MPs más abundantes en forma de fragmentos seguido por fibras. Los resultados mostraron que no hay diferencias significativas entre la presencia de MPs en los diferentes tipos de sedimentos las concentraciones estaban en el rango de 85 a 2494 pp/0.1m<sup>2</sup></li> <li>- Agua PTAR: presentaron MPs en su mayoría fibras. Las concentraciones totales de MPs fue de 0.49 ± 0.47 pp/L. La hora en la que más MPs se encontraron fue a las 7, 11 y 15 respectivamente.</li> <li>- Los MPs en forma de fragmentos eran en su mayoría</li> </ul>

				<p>polietileno y polipropileno. Mientras que cuando estaban en forma de fibras eran en su mayoría Nylon y PET.</p>
<p>ABUNDANCE, MORPHOLOGY AND CHEMICAL COMPOSITION OF MICROPLASTICS IN SAND AND SEDIMENTS FROM A PROTECTED COASTAL AREA: THE MAR MENOR LAGOON (SE SPAIN)</p>	<p>Javier Bayo, Dolores Rojo &amp; Sonia Olmos</p>	<p>2019</p>	<p>España</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La variedad de colores de los MPs, la mayoría de ellos en forma fragmentada 59.4% y detectados principalmente en playas.</li> <li>- La concentración de MPs fue de <math>53.1 \pm 7.6</math> MPs/kg de sedimentos.</li> <li>- Los tres tipos principales de polímeros detectados: LDPE 45.7%, HDPE 14.3% y PVE 14.2%.</li> <li>- Los colores más abundantes: beige 30.6%, blanco 22.4%, azul, 12.9%, naranja 9%. Los colores predominantes para las fibras: azul 39.3% y blanco 30.4%.</li> </ul>
<p>ABUNDANCE AND DISTRIBUTION OF MICROPLASTICS ON SANDY BEACHES OF LIMA, PERU</p>	<p>Gabriel Enrique De la Torre, Diana Dioses Salinas, Jasmin Castro, Rosabel Antay, Naomy Yupanqui, Dante Espinoza Morriberón &amp; Miguel</p>	<p>2020</p>	<p>Perú</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las espumas fueron el tipo de MPs más abundante 78.3%, seguido por fragmentos, pellets y finalmente fibras.</li> <li>- Todas las espumas se identificaron como poliestireno.</li> </ul>

	Saldaña Serrano		
--	--------------------	--	--

Como se puede apreciar en la Tabla 10 como era de esperarse en absolutamente todos los estudios presentados se confirma la presencia de MPs a nivel de playas. En los estudios analizados se muestrea más de una playa y en la mayoría existen estas micro partículas, las únicas excepciones están presentes en el estudio realizado por Laglbauer et al. (2014) donde se muestrearon seis playas y solo en una no se encontró presencia de MPs, este inusual resultado se atribuyó a que era la playa que menos presencia de bañistas presentaba y además estaba alejada de zonas industriales. Y la otra excepción se presentó en el estudio de Villanova et al. (2018) en este se muestrearon doce playas, solo en una no se encontraron MPs y no se especifican posibles causas.

La mayoría de estudios presentados en la Tabla 10 ofrece los resultados en función al número de partículas de MPs encontradas por cada kilogramo de sedimento (piezas/kg), tal es así que se puede apreciar que China es el país en el cual existen más partículas de MPs por kilogramo de sedimento muestreado en playas con 140 piezas/kg, seguido por Eslovenia 133.3 piezas/kg y en tercer lugar Perú con 85.57 piezas/kg, cabe recordar que en este último estudio se dividió en MPs primarios y secundarios pero se colocó su sumatoria para tener el dato general.

La forma de MPs más abundante en el 50% de los estudios analizados fue la de fragmentos, presentando porcentajes mucho más altos que de las demás formas. Los países donde esta forma fue la más común son: Chile, China, Perú, México y España. En otros países como: Bélgica, Eslovenia y Alemania la forma de MPs más común fueron las fibras. En uno de los estudios realizados en Perú por De la Torre et al. (2020) la forma de MPs más común fue la de espuma, sin embargo, se debe recordar que es el único estudio de todos los analizados en la Tabla 6 donde se propone esta forma de clasificación. Continuando con las

formas, los MPs con formas redondas o esféricas fueron los menos encontrados, siendo prácticamente inexistentes en estudios como el de Claessens et al. (2011), Laglbauer et al. (2014) y De la Torre et al. (2020).

Los MPs son encontrados en una amplia gama de colores pero los de color blanco o transparente son los más comunes como se puede apreciar en los resultados presentados por Acosta (2014) y Iannacone et al. (2019), ambos realizados en América del Sur. En países de otros continentes este parámetro no es analizado.

La composición química de los MPs sí es un resultado presentado por los estudios realizados en todos los continentes, en América del Sur hay mayores porcentajes de polietileno (Acosta, 2014), poliuretano (Purca & Henostroza, 2017), poliestireno (De la Torre et al., 2020). En Asia la composición química más abundante fue la de poliuretano como lo demuestra el estudio realizado por Fok & Cheung (2015).

### 3.4.2 Análisis de los resultados en estuarios

Tabla 11.

*Resultados de los estudios realizados en estuarios*

Título del estudio	Autores	Año	País	Resultados obtenidos
<b>ESTUARIOS</b>				
SUSPENDED MICROPLASTICS IN THE SURFACE WATER OF THE YANGTZE ESTUARY SYSTEM, CHINA: FIRST OBSERVATIONS ON	Shiye Zhao, Lixin Zhu, Teng Wang & Daoji Li	2014	China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abundancia de MPs en río estuarino: <math>4137.3 \pm 2461.5</math> n/m<sup>3</sup>.</li> <li>- Abundancia de MPs en aguas costeras: <math>0.167 \pm 0.138</math> n/m<sup>3</sup>.</li> <li>- Las abundancias plásticas variaron significativamente en</li> </ul>

<p>OCURRENCE, DISTRIBUTION</p>		<p>el estuario, lo que afirmó que los ríos eran fuentes importantes de MPs para el medio marino.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Forma MPs en río estuarino: fibras 79.1%, películas 9.1%, gránulos 11.6%, esférulas 0.2%.</li> <li>- Forma MPs en aguas costeras: fibras 83.2%, películas 2.1%, gránulos 14.7%, esferas 0%.</li> <li>- Las formas más frecuentes fueron las fibras, seguidas de gránulos y películas. Las esferas prácticamente nulas.</li> <li>- Tamaño MPs en río estuarino: 0.5 - 1 mm 67%, 1 - 2.5 mm 28.4%, 2.5 - 5 mm 4.4% y &gt;5mm 0.2%.</li> <li>- Tamaño MPs en aguas de mar: 0.5 - 1 mm 35.4%, 1 - 2.5 mm 29.9%, 2.5 - 5 mm 25.9% y &gt;5 mm 8.8%.</li> <li>- Los plásticos transparentes y coloreados constituían la mayoría de las partículas.</li> <li>- Partículas de plástico (&gt;5 mm) se observaron con un tamaño máximo de 12.46 mm, pero los MP (0.5 - 5 mm) constituyeron más del 90% por número de partículas encontradas.</li> <li>- No se encontraron diferencias significativas entre los tres transectos.</li> </ul>
------------------------------------	--	---

<p>MICROPLASTICS IN FOUR ESTUARINE RIVERS IN THE CHESEAPEAKE BAY, U.S.A</p>	<p>Lance T. Yonkos, Elizabeth A. Friedel, Ana C. Perez, Sutapa Ghosal &amp; Courtney D. Arthur</p>	<p>2014</p>	<p>Estados Unidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los resultados se presentan únicamente en masa por unidad de superficie (<math>\text{g}/\text{km}^2</math>) y partículas por unidad de superficie (<math>\text{piezas}/\text{km}^2</math>).</li> <li>- Este resultado apoya la hipótesis de que las concentraciones de MPs aumentan con la proximidad a zonas más densamente urbanas.</li> <li>- Se encontraron las concentraciones medias máximas durante el mes de septiembre en todos los casos.</li> </ul>
<p>ON THE QUANTITY AND COMPOSITION OF FLOATING PLASTIC DEBRIS ENTERING AND LEAVING THE TAMAR ESTUARY, SOUTHWEST ENGLAND</p>	<p>Saeed S. Sadri &amp; Richard C. Thompson</p>	<p>2014</p>	<p>Inglaterra</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En total se encontraron 204 piezas de plástico y de estas el 82% eran MPs (<math>&lt;5 \text{ mm}</math>). En general la concentración media de plástico fue de <math>0.028/\text{m}^3</math>.</li> <li>- La forma más abundante: fragmento, seguido por lámina, pellet y fibra.</li> <li>- Los tipos de plástico más abundantes fueron Polietileno 40%, poliestireno 25% y polipropileno 19%. El cloruro de polivinilo, el poliéster y el nylon estaban entre los MPs encontrados 16%.</li> <li>- Hubo una diferencia significativa en la distribución de frecuencia de tamaño entre las mareas de primavera y marea baja con fragmentos de mayor tamaño observados durante las mareas de primavera.</li> </ul>

				<p>La categoría de tamaño de 1 - 3 mm fue la más abundante y contenía todos los tipos de polímeros.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La proporción de polietileno fue similar en todas las categorías de tamaño. PVC solo estaba presente en 1 - 3 mm y 3 - 5 mm y nylon solo en tamaño &lt;1 mm y 1 - 3 mm grupos.</li> <li>- El río no se identificó como una fuente neta o sumidero.</li> </ul>
MICROPLASTIC IN THREE URBAN ESTUARIES, CHINA	Shiye Zhao, Lixin Zhu & Daoji Li	2015	China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las fibras y los gránulos fueron las formas más abundantes con 90%, sin encontrar pellets.</li> <li>- Se encontraron en total 1009 partículas de plástico. De ellas más del 90% corresponden a MPs (0.5 - 5 mm).</li> <li>- En cuanto al color: coloreadas eran la mayoría, seguidos de negro y transparente. Los blancos fueron las menores.</li> <li>- Composición química: 21 partículas fueron de polipropileno, 16 de polietileno, 3 de politetrafluoroetileno, solo 1 partícula fue policloruro de vinilo.</li> </ul>
MICROPLASTICS IN THE SOLENT ESTUARINE COMPLEX, UK: AN INITIAL ASSESSMENT	Anthony Gallagher, Aldous Rees, Rob Rowe, John Stevens & Paul Wright	2015	Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En total se recolectaron 2759 partículas de MPs y la cantidad aumenta aguas abajo.</li> <li>- La forma más abundante: fibra con 54.77% seguido de</li> </ul>

				<p>redondeado 40.05%, irregular 4.64% y oval 0.54%.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El color más abundante: negro 51.47%, seguido del blanco 19.93%, transparente 17.87%, azul 4.42%. Los menos abundantes: amarillo se encontraron solo 4 piezas que representan el 0.14%. Verde, naranja y café se encontró una pieza de cada uno que representan un 0.12% en total.</li> <li>- El análisis FT - IR no fue concluyente no se colocaron sus datos.</li> </ul>
<p>ABUNDANCE AND CHARACTERISTICS OF MICROPLASTICS IN BEACH SEDIMENTS: INSIGHTS INTO MICROPLASTIC ACCUMULATION IN NORTHERN GULF OF MEXICO ESTUARIES</p>	<p>Caitlin C. Wessel, Grant R. Lockridge, David Battiste &amp; Just Cebrian</p>	<p>2016</p>	<p>México</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se encontraron MPs en todos los sitios con un mínimo de 5 piezas/m<sup>2</sup> en el sitio 2 y un máximo de 117 piezas/m<sup>2</sup> en el sitio 7. En total se recolectaron 614 MPs.</li> <li>- El tamaño promedio de partícula <math>2.5 \pm 0.48</math> mm.</li> <li>- La masa para todos los MPs recolectados <math>4.0 \pm 1.03</math> mg. La masa de partículas fue significativamente mayor en la influencia más marina (<math>5.53 \pm 0.97</math> mg) que en los lugares con menos influencia marina (<math>2.92 \pm 1.07</math> mg).</li> <li>- El tamaño de 0.2 a 1 mm constituye el 38.6% y los otros un 15%.</li> <li>- Se encontraron cinco polímeros: polietileno y polipropileno son los más abundantes, poliestireno,</li> </ul>

				poliéster y poliamida alifática (nylon). Todos los polímeros se encontraron con mayor frecuencia en el medio marino.
MICROPLASTIC POLLUTION IN VEMBANAD LAKE, KERALA, INDIA: THE FIRST REPORT OF MICROPLASTICS IN LAKE AND ESTUARINE SEDIMENTS IN INDIA	S. Sruthy & E. V. Ramasamy	2016	India	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En total se encontraron 2528 piezas de MPs y estaban presentes en todas las muestras con una abundancia media de <math>252.80 \pm 25.76</math> (96 - 496 piezas/m<sup>2</sup>).</li> <li>- Se observó mayor abundancia de MPs en el sitio 2 (<math>496 \pm 2.0</math> m<sup>-2</sup>) en presencia de agua salada (salinidad 0,42) y la abundancia menor fue registrada en el sitio 5 (<math>96 \pm 5.0</math> m<sup>-2</sup>) dominada por el agua dulce influencia marina puede atribuirse a la mayor salinidad (4,5)</li> <li>- El LDPE fue la composición química más abundante con 50%, seguido por HDPE 30%, poliestireno y polipropileno con 10% cada uno.</li> <li>- La forma más abundante: película 50%, seguido por fragmento 30%, espuma y fibra son las menos abundantes con un 10% cada una.</li> </ul>
MICROPLASTICS IN SEDIMENTS OF THE CHANGJIANG ESTUARY, CHINA	Guyu Peng, Bangshang Zhu, Dongqi Yang, Lei Su, Huahong Shi & Daoji Li	2017	China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La concentración media fue <math>121 \pm 9</math> artículos por kg de peso seco, variando de 20 a 340 artículos por kg de peso seco.</li> <li>- La abundancia varió entre 2 y 34 artículos por 100 g de sedimento de peso seco (es</li> </ul>

				<p>decir, 20 - 340 artículos por kg).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Forma más frecuente: fibra 93%, fragmentos 6% y gránulos 1%.</li> <li>- Color más frecuente: transparente 42%, seguido de azul 25% y negro 16%.</li> <li>- El tamaño promedio de los MPs fue de <math>1174.5 \pm 41.8 \mu\text{m}</math> que van desde 46.8 a 4968.7 <math>\mu\text{m}</math>.</li> <li>- El total de MPs identificados fueron los componentes principales de ropa: rayón, poliéster, acrílico y PET.</li> <li>- Rayón, poliéster y acrílico fueron los tipos más abundantes, lo que indica que la principal fuente de MPs en el estuario de Changjiang era de lavar la ropa (fuente principal).</li> </ul>
<p>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</p>	<p>Ruilong Li, Linlin Zhang, Baoming Xue &amp; Yinghui Wang</p>	<p>2018</p>	<p>China</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En todos los sitios se encontraron MPs, en total de todo el estudio 8950 piezas.</li> <li>- La cantidad de MPs de los sedimentos de manglar fueron mucho más altas que aquellas encontradas en las costas del mar.</li> <li>- Los MPs que miden &lt;1 mm representaron más del 80% en los estuarios de los ríos y las entradas.</li> <li>- Color más abundante: transparente, seguido por blanco y finalmente de color (azul, amarillo).</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>- En todos los sitios la composición química más abundante fue la de polipropileno con porcentajes que iban en un rango de 47.5% a 79.2%, seguido por polietileno 2.5 hasta 42.5%, poliestireno 1.8 a 12.8%.</li> <li>- Se identificaron otros tipos de plástico como PET, PC, NYLON, POM, PVC que en total representaban valores de 2.5 a 12.8%.</li> <li>- Un resultado bastante interesante fue que en los tres sitios de muestreo junto a la desembocadura al mar los porcentajes de poliestireno eran considerablemente mayores que en los otros.</li> </ul>
MICROPLASTIC IN TWO SOUTH CAROLINA ESTUARIES: OCURRENCE, DISTRIBUTION, AND COMPOSITION	Austin D. Gray, Hope Wertz, Rachel R. Leads & John E. Weinstein	2018	Estados Unidos	<p>- Puerto Charleston: Los MPs estaban presentes en el 98.1% del sedimento intermareal.</p> <p>Las concentraciones iban desde un máximo de <math>1195.7 \pm 193.9</math> piezas/m<sup>2</sup> hasta un bajo de <math>42.2 \pm 8.5</math> piezas/m<sup>2</sup>.</p> <p>Forma más abundante: fragmentos 76.2%, seguido por espuma 18.9%, fibra 3.9% y esfera 1%.</p> <p>Se hace una interesante comparación entre las formas encontradas y los colores tal es así que la mayoría de los fragmentos eran de color negro 95.8%, en espumas el color</p>

			<p>dominante blanco 98%, en fibra azul 54%, esfera verde 88.9%.</p> <p>En la microcapa de agua analizada las partículas microplásticas (&gt;63 <math>\mu\text{m}</math>) estaban presentes en el 100%. Las concentraciones iban desde un máximo de 11 piezas/L en el río Cooper a un mínimo de 3 piezas/L en el río Ashley y en promedio <math>6.6 \pm 1.3</math> piezas/L.</p> <p>El tipo de partícula más abundante en la superficie del mar: fibras 56%, seguido por fragmentos 26.4%, espuma 15.1% y esferas 2.5%.</p> <p>-Bahía Winyah:</p> <p>Los MPs (&gt;63 <math>\mu\text{m}</math>) estaban presentes en el 98.3% de los sedimentos. En total <math>221.0 \pm 25.6</math> piezas/m<sup>2</sup>.</p> <p>Las concentraciones iban desde un máximo de <math>440.7 \pm 71.8</math> piezas/m<sup>2</sup> a un mínimo de <math>51.3 \pm 6.2</math> piezas/m<sup>2</sup>.</p> <p>Forma más abundante: fragmentos 77.5%, fibras 17.6%, espuma 3.6%, esferas 1.2%.</p> <p>La mayoría de los fragmentos eran negros 90%, la mayoría de las fibras azules 77.4%, la espuma blanca 99.2%, esferas rojas 39.5%.</p>
--	--	--	--

				<p>Las partículas microplásticas (&gt;63 µm) estaban presentes en el 100% del mar.</p> <p>En promedio 30.8 ± 12.1 piezas/L.</p> <p>El tipo de partícula más abundante en la microcapa superficial: fragmentos 63.4%, espuma 32.7%, fibras 3.4% y esferas 0.5%.</p> <p>- Composición química: La mayoría de las partículas de espuma se identificaron positivamente como poliestireno, fragmentos negros como poliamida o nylon 56%, poliéster 19%, material no plástico 19% y polietileno 6%.</p> <p>- Los fragmentos azules como polietileno 66% y polipropileno 33%.</p> <p>Fragmentos rojos como polipropileno, y fragmentos incoloros fueron identificado como polietileno 83% y polipropileno 16%.</p>
MICROPLASTIC RISK ASSESSMENT IN SURFACE WATERS: A CASE STUDY IN THE CHANGJIANG ESTUARY, CHINA	Pei Xu, Guyu Peng, Lei Su, Yongqiang Gao, Lei Gao & Daoji Li	2018	China	<p>- Se encontraron un total de 2014 partículas de MPs. La concentración microplástica promedio fue 23.1 ± 18.2 n/100L.</p> <p>- La forma más abundante: fibras 82.8%, seguido de fragmentos 15.1% y películas 2.1% No se encontraron esferas en ninguna muestra.</p>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>- El 90% de los plásticos encontrados eran MPs. Es posible que algunas partículas &gt;5 mm no se hayan recogido debido al tamaño de la tubería de la bomba y pequeños volúmenes de muestreo.</li> <li>- Color más abundante: coloreadas (incluyendo azul, rosa y gris) 76.7%, negro 18.2% y transparentes 5.1%.</li> <li>- Tamaños más abundantes: 0.07 - 1.0 mm 68.4% y 1 - 5 mm 26.2%.</li> <li>- Composición química: polietileno 82.4%, polipropileno 9.1% y cloruro de polivinilo 6.5%. Poliamida, acrilonitrilo-butadieno-estireno, poliestireno, policarbonato, acrilato-estireno-acrilo-nitrilo, poliuretano y acrilonitrilo de estireno &lt;3% del total de polímeros.</li> </ul>
<p>THE DISTRIBUTION, CHARACTERISTICS AND ECOLOGICAL RISKS OF MICROPLASTICS IN THE MANGROVES OF SOUTHERN CHINA</p>	<p>Ruili Li, Lingyun Yu, Minwei Chai, Hailun Wu &amp; Xiaoshan Zhu</p>	<p>2019</p>	<p>China</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En total se recolectaron 4716 piezas de MPs. La mayor concentración se relacionó principalmente con los aportes del río Pearl, el tercer río más grande de China.</li> <li>- El contenido total de carbono orgánico (TOC) y limo fue positivamente asociado con MPs (&lt;0.01), lo que indica un papel facilitador en la deposición de MP en manglares.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Color más abundante: transparentes y blanco 80.6%, negro 10.52%, azul 4.58%, rojo 2.27%, verde 2.03%.</li> <li>- Tamaño más abundante: 500µm-5000 µm 61.1%, 100 - 500 µm 19.8%, 50 - 100 µm 9% y &lt;50 µm 10.1%.</li> <li>- Composición química: polipropileno 67.47%, polietileno 13.05% y poliestireno 10.45%.</li> </ul>
--	--	---

En todos los estudios analizados en la Tabla 11 existe presencia de MPs. Cuando los resultados que se presentan son obtenidos de muestras de agua se los representa de dos maneras: en función del número de piezas por m<sup>3</sup> o por litro (piezas/m<sup>3</sup> o piezas/L). Lo más habitual es que los presenten de la primera forma.

Cuando los resultados son de muestras de sedimentos se los representan de dos maneras: en función del número de piezas por m<sup>2</sup> o por kilogramo de sedimento seco (piezas/ m<sup>2</sup> o piezas/kg). En los estudios analizados en la Tabla 11 se los presenta 50% de la primera manera y 50% de la segunda.

La cantidad total de micro partículas encontradas varían mucho de estudio a estudio y en algunos no se especifica, a pesar de ello, se aprecia que los estudios realizados en China presentaron una mayor cantidad de MPs, esto puede deberse a que se muestrearon muchos más lugares o se tomaron muchas más muestras. Incluso los parámetros físico químicos de las matrices influyen en este resultado, por ejemplo, en los estudios de Wessel et al. (2016) y Sruthy & Ramasamy (2016) fue tomada en cuenta la salinidad de los sitios de muestreo y se logra evidenciar la influencia de ésta en la cantidad de MPs, en ambos estudios la cantidad de MPs es mucho mayor en los sitios dominados por agua salada, mientras que en los sitios de muestreo donde predomina el agua dulce

la cantidad de MPs fue menor (Tabla 11). Lo mismo ocurre en los estudios de Zhao et al. (2014) y Li et al. (2018), en el primer caso se reportan cantidades de MPs mayores en el río estuarino muestreado que en el mar y se concluye afirmando que los ríos son fuentes importantes de MPs para el medio marino, pero no se toma en cuenta el parámetro de salinidad. En el segundo caso la cantidad de MPs de los sedimentos de manglar fueron mucho más altas que aquellas encontradas en las costas del Mar Amarillo del Norte, China, tampoco se tuvo en cuenta la salinidad.

En el estudio de Li et al. (2019) se tuvieron en cuenta parámetros como el contenido total de carbono orgánico (TOC) y limo, los mismos fueron positivamente asociados con la cantidad de MPs.

Por otra parte, la forma más abundante en el 50% de los estudios fue la de fibra, lo que quiere decir que la mayoría de MPs presentes son resultado de la disposición de aguas residuales dada su ubicación cerca de centros poblados, donde la actividad humana es intensa (Li et al., 2019). La siguiente forma más abundante fue fragmentos con un 16.7%, encontrar MPs de esta forma quiere decir que son resultado de la degradación de plásticos de mayores tamaños. Los MPs en forma de gránulos son los menos abundantes con porcentajes muy bajos como 0.54% en el estudio de Gallagher et al. (2015) o 1% en Peng et al. (2018). Por otra parte, MPs en forma de esferas casi no son tomados en cuenta por todos los autores y los que si toman en cuenta esta forma reportan porcentajes del 0% como son los casos de los estudios de Zhao et al. (2014) y Xu et al. (2018), ambos realizados en China.

En cuanto al color el 57.1% de los estudios reportan más abundancia de MPs transparentes. Un 28.6% de los estudios reportan que los MPs de colores son los más abundantes y el 14.3% que representa al estudio realizado por Gallagher et al. (2015) determinó que los MPs de color negro eran los más abundantes. Algunos estudios recientes confirmaron que los MPs coloreados son ingeridos con mayor facilidad por organismos marinos, especialmente mamíferos, esto

podría explicar que exista mayor abundancia de MPs transparentes que de otros colores Li et al. (2018).

La composición química de los MPs encontrados también varía. En el 37.5%, que representa a tres de los estudios, se reporta que el polipropileno es el más abundante, 25%, que representa a dos, reportan que el más común es el polietileno. Mientras que, en los restantes estudios se reportan más abundancia de polietileno de baja densidad, rayón y poliestireno con un 12.5% cada uno. Cuando el polipropileno, polietileno y poliestireno son los más abundantes quiere decir que la mayoría de los MPs analizados son fragmentos de plásticos más grandes (Eerkes-Medrano, Thompson & Aldridge, 2015).

### **3.4.3 Análisis comparativo de los resultados en playas y estuarios**

Después del análisis individual de los resultados cabe aclarar que hacer una comparación equitativa es imposible, debido a que ninguna metodología es igual en ningún estudio. Hay demasiadas variaciones en cuanto al sitio y las condiciones de muestreo, cantidad de sitios muestreados, cantidad de muestras tomadas, que influyen directamente en los resultados, haciendo prácticamente imposible comparar algunos aspectos como la cantidad de MPs presentes.

Lo que, si es comparable son las maneras en la que los estudios presentan sus resultados, estas varían dependiendo de las matrices muestreadas. En el caso de que hayan sido tomas en agua los resultados se presentan de dos maneras: 1) número de piezas de MPs por L (piezas/L) y, 2) número de piezas de MPs por m<sup>3</sup> (piezas/ m<sup>3</sup>). En la tabla 12 se muestra la cantidad de estudios en los que se presentó este resultado y se los diferencia por ecosistemas.

Tabla 12.

*Cuantificación de resultados para muestras de agua.*

RESULTADOS		
	Playas	Estuarios
piezas/L	1	3
piezas/m <sup>3</sup>	1	4

En el caso en que las muestras hayan sido de sedimentos existen cuatro formas de presentar los resultados de la cantidad de MPs: 1) masa de MPs por kg de sedimento seco (mg/kg), 2) número de micro partículas por kg de sedimento seco (piezas/kg), 3) número de micro partículas por m<sup>2</sup> (piezas/m<sup>2</sup>) y, 4) masa de MPs por unidad de superficie km<sup>2</sup> (g/km<sup>2</sup>). Hay estudios en los cuales se los representan de dos de estas maneras, por lo tanto, no se pueden comparar; sin embargo, el más común en todos ellos es presentarlos en función del número de piezas por el área del cuadrante muestreado, es decir, de la manera piezas/m<sup>2</sup>.

La forma es una manera muy importante en la cual presentar los resultados, debido a que de acuerdo a la forma se puede determinar la procedencia o las principales fuentes de MPs.

Tabla 13.

*Formas más abundantes de MPs en playas y estuarios en relación a los 24 estudios analizados.*

Formas más abundantes de MPs				
	PLAYAS		ESTUARIOS	
	Estudios	Porcentaje	Estudios	Porcentaje
Fragmentos	6	50%	2	17%
Fibras	3	25%	6	50%
Espuma	1	8%	-	-
Película	-	-	1	8%
No analizan forma	2	17%	3	25%
TOTAL	12	100%	12	100%

Que la mayoría de MPs presentes en las playas sean encontrados en forma de fragmentos sugiere que se están generando a partir de la disociación química de partículas de plástico de mayores tamaños (Wright et al., 2013). Mientras que en los estuarios los MPs son mayormente encontrados en forma de fibras, lo que sugiere que la principal fuente de MPs en estos ecosistemas es el lavado de textiles, disposición de aguas residuales dada su ubicación, además, de actividades de pesca (Li et al., 2019).

Algo muy importante que se pudo apreciar tanto en los estudios de playas como de estuarios es que la forma de MPs redonda, granular u ovalada en muchos de los estudios contempla un muy bajo porcentaje de los resultados o incluso es inexistente, como se ha detallado en los análisis 3.3.1 y 3.3.2. los MPs con estas formas son principalmente derivados de productos de limpieza o cosméticos, así como la descomposición de plásticos degradables más grandes (Fendall & Sewell, 2009; Cole, Lindeque, Halsband & Galloway et al., 2011).

En cuanto a las demás formas presentadas, que se encuentren MPs en forma de películas sugiere que la fuente de contaminación es desechos de envolturas de plástico, bolsas o envases de uso agrícola. Los MPs con forma de espuma se originan del embalaje de industrias pesqueras (Wang et al., 2019).

Los resultados también son presentados en cuanto a su color. El color es un factor muy importante ya que estudios recientes han demostrado que influye en la depredación, algunas especies tienden a ingerir MPs de colores (Ory, Sobral, Ferreira & Thiel, 2017), eso podría explicar que en la mayoría de estudios analizados se encontró que los MPs transparentes o de color blanco fueron los más abundantes.

Tabla 14.

*Colores más abundantes de MPs en playas y estuarios en relación a los 24 estudios analizados.*

Colores más abundantes de MPs				
	PLAYAS		ESTUARIOS	
	Estudios	Porcentaje	Estudios	Porcentaje
Transparentes	4	33%	5	42%
Blancos	2	17%	-	-
Coloreados	1	8%	2	17%
Negro	-	-	1	8%
No analizan color	5	42%	4	33%
TOTAL	12	100%	12	100%

Como se puede apreciar en la Tabla 14 efectivamente los colores más abundantes son los transparentes. Lo curioso es que en uno de los estudios hechos en América del Sur por Purca & Henostroza (2017) las partículas transparentes representan 0% de sus muestras.

Los colores también son asociados a otros factores como en el estudio de Stolte et al. (2015) que asocia los colores con las formas y con la época del año, observando que las fibras transparentes son particularmente numerosas en las muestras tomadas en verano, mientras que las fibras de color son solo moderadamente menores, lo que sugiere un blanqueamiento rápido bajo la influencia de radiación solar UV intensa.

La composición química de los MPs también puede ayudar a identificar la fuente de los mismos, es por ello que su determinación es altamente importante. En la Tabla 15 se presentan los tipos de MPs más abundantes según los resultados de estudios analizados.

Tabla 15.

*Composición química de los MPs en playas y estuarios en relación a los 24 estudios analizados.*

Composición química más abundante de MPs				
	PLAYAS		ESTUARIOS	
	Estudios	Porcentaje	Estudios	Porcentaje

Polietileno	2	18%	2	18%
Polipropileno	1	8%	3	25%
Poliuretano	1	8%	-	-
Polietileno de baja densidad	1	8%	1	8%
Poliestireno	1	8%	1	8%
Rayón	-	-	1	8%
No analizan composición química	6	50%	4	33%
TOTAL	12	100%	12	100%

Tanto en estudios de playas y estuarios la composición química de polietileno tiene el mismo porcentaje, este tipo de polímero se usa para la fabricación de juguetes, botellas, pipas, o envases para limpieza del hogar (Plastics Europe, 2016), por tanto, se puede concluir que una importante fuente de contaminación de MPs en playas y estuarios es el desecho de artículos plásticos, que debido a procesos de degradación se convierten en MPs.

Por otra parte, el polipropileno es el polímero presente en estuarios más abundante, este se utiliza para fabricar envases de alimentos, productos textiles, automotrices, recipientes a prueba de microondas, redes de pesca (Plastics Europe, 2016).

El polietileno de baja densidad coincide ser el más abundante en un estudio de playa realizado en España por Bayo et al. (2019) y en un estudio de estuario realizado en la India por Sruthy & Ramasamy (2016). Este tipo de polímero se usa en la fabricación de bolsas de plástico de supermercado o de basura, también para tuberías, juguetes, cables, tapas, incluso para la elaboración de cartones de leche o productos con envases aislantes, envases para detergentes u otros productos químicos (Interempresas, 2020).

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 Conclusiones**

En base a la muestra analizada, es el continente asiático en el cual se han publicado más estudios sobre ocurrencia de MPs con un 33%, seguido de Europa con un 29%, América del Sur con 21% y América del Norte con 17%.

En la actualidad existe gran variedad de métodos tanto para el muestreo, detección, caracterización y cuantificación de MPs como los propuestos por Thompson et al. (2004), Hidalgo Ruz et al. (2012), Nuelle et al. (2014), Wu et al. (2017), entre otros. Es difícil encontrar un protocolo estandarizado a nivel mundial debido a que las metodologías deben adaptarse a las características de las muestras, mismas que pueden ser muy distintas entre sí, debido a su procedencia o al ecosistema donde sean tomadas.

De los veinticuatro estudios analizados, el 83% no especifican las metodologías de muestreo, los cuales se realizan acorde a los alcances que los autores se plantean y a los recursos disponibles. En lo que, si concuerdan la mayoría de los autores, el 54% específicamente, es en realizarlos durante épocas de verano.

Que no existan metodologías estandarizadas dificulta la comparación de la ocurrencia de estas micro partículas y la capacidad de comparar resultados; además, existe gran disparidad en la manera en que se reportan éstos. Para el presente análisis se encontraron nueve diferentes formas de presentarlos, lo que hace más complejo el proceso comparativo a nivel mundial.

En base a la muestra, China es el país que más estudios ha publicado sobre ocurrencia de MPs en ecosistemas estuarinos; mientras que, Perú es el país que más estudios ha publicado sobre ocurrencia de MPs en playas.

En los estudios realizados en playas se prioriza el análisis en sedimentos (84% de los documentos analizados muestrean esta matriz), en tanto que para los estuarios se analiza principalmente el espejo de agua (50% de los documentos analizados muestrean agua).

La metodología más usada para el análisis y extracción de los MPs tanto en estudios de playas y estuarios con un 21%, fue la propuesta por Thompson et al. (2004) que consiste en realizar procesos de pretratamiento a la muestra mediante la digestión de la materia orgánica presente y extracción de MPs por separación de densidades usando una solución hipersalina enriquecida con NaCl.

Para la extracción de MPs a partir de agua y sedimentos, se utiliza en el 100% de los estudios analizados, el proceso de separación por flotación o también llamado separación por diferencia de densidades.

En relación a la muestra analizada, el 58% de los estudios determinaron la composición química de los MPs mediante métodos espectroscópicos. De estos, 79% usaron espectroscopía de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FT-IR) y 21% utilizaron espectroscopía Raman. Estos análisis permiten conocer el tipo de polímero presente y por tanto se puede deducir las principales vías o fuentes de contaminación.

Los estudios realizados en los países de América del Sur lamentablemente presentan información menos relevante. En primer lugar, no se encontró ninguno realizado en estuarios. De los realizados en playas solo se ha muestreado sedimentos, y no se realizan caracterizaciones completas, es decir, tomando en cuenta forma, color y tamaño. Tan solo los estudios de Purca & Henostroza (2017) y De la Torre et al. (2020) realizan estas tres caracterizaciones, además de análisis espectroscópicos que permiten determinar el tipo de polímeros presentes.

## 4.2 Recomendaciones

A nivel mundial la problemática de la ocurrencia de MPs es considerada objeto de estudio en varios países, sin embargo, en ecosistemas estuarinos y de playas aún hacen falta muchas más investigaciones. Durante la presente revisión bibliográfica, no se encontraron estudios sobre MPs en estuarios de países de América del Sur, por lo que sería un gran aporte investigativo el comenzar a realizarlos.

Se ha comprendido la problemática que representa la ocurrencia de MPs en los ecosistemas costeros por lo que se sugiere que en el país se invierta tiempo y recursos para realizar este tipo de investigaciones, ya que además de ayudar a identificar posibles fuentes de contaminación se puede tratar de controlarlas evitando así graves afectaciones al medio ambiente y a la salud de los seres vivos. A pesar de la revisión bibliográfica exhaustiva no se encontró ningún estudio publicado sobre MPs en el país.

Se debería estandarizar que durante los procesos de muestreo se consideren todas las matrices ambientales para tener ideas más fundamentadas de donde se pueden acumular estas micro partículas. Adicionalmente, lo recomendable sería que se realicen este tipo de investigaciones durante todas las épocas del año para determinar las fuentes principales y constantes. En el caso de Ecuador deberían realizarse en épocas secas y lluviosas para determinar si existe una diferente distribución o concentración de las micro partículas.

Finalmente, debería estandarizarse el tomar en cuenta los parámetros físico químicos de las matrices muestreadas y que pueden aportar información acerca de la ocurrencia de MPs y el comportamiento de estos en los diferentes ecosistemas.

## REFERENCIAS

- Acosta, I. C. (2014). *CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRIMARIOS EN EL AMBIENTE MARINO DE UNA PLAYA URBANA EN CARTAGENA DE INDIAS*. (Tesis de maestría). Universidad de Cartagena.
- Álvarez, L., & Sánchez, J. C. (2012). Formalina : características y mecanismos de control ante la exposición del personal en los servicios de anatomía patológica a nivel hospitalario. *Revista Médica de Costa Rica*, 34(602), 235–239. Recuperado de <http://www.binasss.sa.cr/revistas/rmcc/602/art14.pdf>
- Anderson, J., Park, B. & Palace, B. (2016). Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. *Environmental Pollution*, 218, 269-280.
- Arenas, M. (2015). *DONDE TERMINA LA TIERRA Y EMPIEZA EL MAR*. Recuperado de <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/tag/zona-supralitoral/>
- Aslam, H., Ali, T., Mortula, M.M. & Attaelmanan, A.G. (2020). Evaluation of microplastics in beach sediments along the coast of Dubai, UAE. *Marine Pollution Bulletin*, 150. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.110739
- Baker, J., Foster, G., Masura, J. & Arthur, C. (2014). *Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment*. NOAA Technical Memorandum. Recuperado de [https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/noaa\\_microplastics\\_methods\\_manual.pdf](https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/noaa_microplastics_methods_manual.pdf)
- Bayo, J., Rojo, D., & Olmos, S. (2019). Abundance, morphology and chemical composition of microplastics in sand and sediments from a protected coastal area: The Mar Menor lagoon (SE Spain). *Environmental Pollution*, 252, 1357–1366. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.06.02>

- Besley, A., Vijver, M.G., Behrens, P. & Bosker, T. (2017). A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin*, 114, 77-83.
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environ. Sci. Technol*, 45 (21), 9175–9179.
- Cambardella, C. A., Gajda, A. M., Doran, J. W., Wienhold, B. J., Kettler, T. A., & Lal, R. (2001). Estimation of particulate and total organic matter by weight loss-on-ignition. Assessment methods for soil carbon, 349-359.
- Castro, D. (2015). Principales Estuarios del Ecuador. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. *Research Gate*, 15.
- Chae, D., Kim, I., Kim, S., Song, Y. K., & Shim, W. J. (2015). Abundance and distribution characteristics of microplastics in Surface seawaters of the Incheon/Kyeonggi coastal region. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 69(3), 269-278.
- Chai, M.W., Ding, H., Shen, X.X. & Li, R.L. (2019). Contamination and ecological risk of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in surface sediments of mangrove wetlands: a nationwide study in China. *Environmental Pollution*, 249, 992-1001.
- Claessens, M., De Meester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K., & Janssen, C. R. (2011). Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, 62(10), 2199–2204. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.030>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. & Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2588-2597.

- Cole, M., Webb, H., Lindeque, P.K., Fileman, E.S., Halsband, C. & Galloway, T.S. (2014). Isolation of Microplastics in Biota-rich Seawater Samples and Marine Organisms. *Scientific Reports* 4.
- Crawford, C. B. & Quinn, B. (2017). The Biological Impacts and Effects of Contaminated Microplastics. *Microplastic Pollution*, 159–178.
- De la Torre, G. E., Dioses Salinas, D. C., Castro, J., Antay, R., Yupanqui, N., Espinoza Morriberón, D., & Saldaña Serrano, M. (2020). Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of Lima, Peru. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110877. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110877>
- Ecolibro Deltas y Estuarios de Colombia. (2019). *¿Sabe cuáles son los deltas y estuarios más importantes del mundo?*. Recuperado de <https://comunidadplanetaazul.com/sabe-cuales-son-los-deltas-y-estuarios-mas-importantes-del-mundo/>
- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R. C. & Aldridge, D. C. (2015). Microplastics in freshwater systems: 468 A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritization of research 469 needs. *Water Res*, 75, 63-82.
- EPA. (2018). *La importancia de la protección de las playas*. Recuperado de <https://espanol.epa.gov/espanol/la-importancia-de-la-proteccion-de-las-playas>
- Fendall, L.S. & Sewell, M.A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1225-1228.
- Fok, L., & Cheung, P. K. (2015). Hong Kong at the Pearl River Estuary : A hotspot of microplastic pollution. *MARINE POLLUTION BULLETIN*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.05>

- Fundación CONAMA. (2016). *Basuras marinas. Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)*. Recuperado de [http://www.conama.org/conama/download/files/conama2016/GTs%202016/16\\_final.pdf](http://www.conama.org/conama/download/files/conama2016/GTs%202016/16_final.pdf).
- Gallagher, A., Rees, A., Rowe, R., Stevens, J., & Wright, P. (2015). Microplastics in the Solent estuarine complex , UK: An initial assessment. *MARINE POLLUTION BULLETIN*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.002>
- Gao, X.L., Chen, C.T.A. (2012). Heavy metal pollution status in surface sediments of the coastal Bohai Bay. *Water Res.* 46, 1901-1911.
- García, S. (2009). Referencias históricas y evolución de los plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 10(1), 71–80.
- Gray, A. D., Wertz, H., Leads, R. R., & Weinstein, J. E. (2018). Microplastic in two South Carolina Estuaries : Occurrence, distribution, and composition. *Marine Pollution Bulletin*, 128, 223–233. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.030>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environ. Sci. Technol.* 46, 3060–3075.
- Hidalgo, V., Macaya, V., Eastman, L., & Thiel, M. (2012). Muestreo nacional de microplásticos en las playas de Chile. *Research Gate*. Recuperado de <http://www.cientificosdelabasura.cl/>
- Iannacone, J., Huyhua, A., Alvariño, L., Valencia, F., Principe, F., Minaya, D., Ortega, J., Argota, G. & Castañeda, L. (2019). MICROPLASTICS IN THE HIGH AND SUPRALITORIAL AREA OF A SAND BEACH OF THE COASTAL COAST OF PERU. *The Biologist ( Lima )*, 7(2), 335–346.

- Interempresas. (2020). *¿Qué es el polietileno de baja densidad PEBD / LDPE?*. Recuperado de <https://www.interempresas.net/Envase/Articulos/302406-Que-es-el-polietileno-de-baja-densidad-PEBD-LDPE.html>
- Intergovernmental Oceanographic Commission. (1985). Procedures for Sampling the SeaSurface Microlayer.
- Ivar do Sul, J.A. & Costa, M.F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, 185, 352-364.
- Jambeck, J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan. R. & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Marine Pollution*, 347, 768-771. Recuperado de <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- KIOST. (2016). South Sea Research Institute. Recuperado de [www.kiost.ac.kr/cyber\\_en/sub.html?menu\\_cd=0301](http://www.kiost.ac.kr/cyber_en/sub.html?menu_cd=0301)
- Laglbauer, B., Franco Santos, R. M., Andreu Cazenave, M., Brunelli, L., Papadatou, M., Palatinus, A., Grego, M. & Deprez, T. (2014). Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia. *MARINE POLLUTION BULLETIN*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.036>
- Li, R., Yu, L., Chai, M., Wu, H., & Zhu, X. (2019). The distribution, characteristics and ecological risks of microplastics in the mangroves of Southern China. *Science of the Total Environment*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135025>
- Li, R., Zhang, L., Xue, B., & Wang, Y. (2018). 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. *Environmental Pollution*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.089>

- Manzano, F., Garrido, J. A. & Jiménez. E. (2018). Técnicas de investigación avanzadas en Agronomía y ciencias afines. Universidad de Almería.
- McDermid, K.J. & McMullen, T.L. (2004). Análisis cuantitativo de residuos de plástico pequeño en playas en el archipiélago hawaiano. *Marine Pollution*, 48, 790-794. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.10.017>
- Mohamed Nor, N.H., & Obbard, J.P. (2014). Microplásticos en la costa de Singapur ecosistemas de manglar. *Marine Pollution*, 79, 278–283. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.025>
- Norén, F. (2007). Small plastic particles in coastal Swedish waters. *Kimo Sweden*, 11.
- Nuelle, M.T., Dekiff, J.H, Remy, D. & Fries, E. (2014). A new analytical approach for monitoring Microplastics in marine sediments. *Environmental Pollution*, 184, 161-169. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.07.027>
- Ory, N.C., Sobral, P., Ferreira, J.L. & Thiel, M. (2017). Amberstripe scad *Decapterus muroadsi* (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre. *Sci. Total Environ.* 586, 430–437. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.175>
- Peng, G., Zhu, B., Yang, D., Su, L., Shi, H., & Li, D. (2017). Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. *Environmental Pollution*, 1–8. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.064>
- Plastics Europe. (2016). *Plastics – The Facts 2016, an Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*. Recuperado de <https://www.plasticseurope.org/application/files/4315/1310/4805/plastic-the-fact-2016.pdf>
- Purca, S., & Henostroza, A. (2017). Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú Microplastic in four sandy beaches from Peruvian coast.

*Revista Peruana de Biología*, 24 (1), 101–106. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i1.12724>

Ramírez, N., Rios, L. M., Macías, J. V., Oregel, L., Alvarez, A., Hernández, F. A., Sánchez, J.L., Moore, C.J., Silva, H. & Navarro, L. F. (2019). Microplastics: Sources and distribution in surface waters and sediments of Todos Santos Bay, Mexico. *Science of the Total Environment*, 703. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134838>

Sadri, S. S., & Thompson, R. C. (2014). On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1), 55–60. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.020>

Sarria, R., & Gallo, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8(1), 21–27. Recuperado de <https://jci.uniautonoma.edu.co/2016/2016-3.pdf>

Schlumberger. (2020). *Oilfield Glossary: Formiato*. Recuperado de <https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/f/formate.aspx>

Skoog, D. A. & West, D. M. (1980). Principles of Instrumental Analysis. 2 ed.; Saunders College.

Sruthy, S., & Ramasamy, E. V. (2016). Microplastic pollution in Vembanad Lake, Kerala, India: The first report of microplastics in lake and estuarine sediments in India. *Environmental Pollution*, 1–8. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.038>

Stolte, A., Forster, S., Gerds, G., & Schubert, H. (2015). Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast. *Marine Pollution Bulletin*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.022>

- Thompson, R., Olsen, Y., Mitchell, R., Davis, A., Rowland, S., John, A., McGonigle, D. & Russell, A. (2004). Supporting online material: lost at sea: where is all the plastic, material and methods. *Science* 304, 1–3.
- Toledo, M. Á. (2019). REVISIÓN BIBLIOGRAFICA DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS DE MICRO (NANO) PLÁSTICOS EN EL MEDIOAMBIENTE Y EN LA BIOTA. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Townsend, K., Lu, H.C., Sharley, D.J., Pettigrove, V. (2019). Associations between microplastic pollution and land use in urban wetland sediments. *Environ. Sci. Pollut*, 26, 22551-22561.
- Turell, G. & Corset, J. (1996). Raman microscopy. Developments and Applications. Elsevier Academic Press: San Diego, California, USA.
- Villanova, C., Romero, F., Fernández, S., Muñoz, M., & Álvaro, S. (2018). ESTUDIO DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN DOCE PLAYAS DE LA ISLA DE TENERIFE (ISLAS CANARIAS). *REVISTA SCIENTIA INSULARUM*, 1, 103–121. Recuperado de <http://doi.org/10.25145/j.SI.2018.01.007>
- Wang, T., Zou, X., Li, B., Yao, Y., Zang, Z., Li, Y., Yu, W. & Wang, W. (2019). Preliminary study of the source apportionment and diversity of microplastics: taking floating microplastics in the South China Sea as an example. *Environmental Pollution*, 245, 965-974.
- Wessel, C. C., Lockridge, G. R., Battiste, D., & Cebrian, J. (2016). Abundance and characteristics of microplastics in beach sediments: Insights into microplastic accumulation in northern Gulf of Mexico estuaries. *Marine Pollution Bulletin*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.002>
- Wright, S., Thompson, R. & Galloway, T. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental Pollution*, 178, 483–492.

- Wu, C., Zhang, K., Xiong, X., Hu, H., Bi, Y., Wu, Y., Zhou, B., Lam, P. K. & Liu, J. (2017). Occurrence and characteristics of microplastic pollution in Xiangxi Bay of three Gorges reservoir, China. *Environ. Sci. Technol*, 51(7), 3794-3801.
- Xu, P., Peng, G., Su, L., Gao, Y., Gao, L., & Li, D. (2018). Microplastic risk assessment in surface waters: A case study in the Changjiang Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 647–654. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.020>
- Yonkos, L. T., Friedel, E. A., Perez Reyes, A. C., Ghosal, S., & Arthur, C. D. (2014). Microplastics in Four Estuarine Rivers in the Chesapeake Bay, USA. *Environmental Science & Technology*. Recuperado de <https://doi.org/10.1021/es5036317>
- Zhao, S., Zhu, L., & Li, D. (2015). Microplastic in three urban estuaries, China. *Environmental Pollution*, 206, 597–604. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.08.027>
- Zhao, S., Zhu, L., Wang, T., & Li, D. (2014). Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution. *Marine Pollution Bulletin*, 0–6. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.032>
- Zheng, X.F., Li, J.X., Cao, W., Liu, X.H., Jiang, F.H., Ding, J.F., Yin, X.F. & Sun, C.J. (2019). Distribution characteristics of microplastics in the seawater and sediment: a case in Jiaozhou Bay, China. *Sci. Total Environ*, 674, 27-35.

