



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MESO- Y
MICROPLÁSTICOS EN TRES PLAYAS TURÍSTICAS DE LA PROVINCIA
DE EL ORO

LOYOLA BATIOJA SARA DENNISSE
INGENIERA QUÍMICA

ZHUNAULA SAQUIZARI JOEL LEONARDO
INGENIERO QUÍMICO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MESO- Y
MICROPLÁSTICOS EN TRES PLAYAS TURÍSTICAS DE LA
PROVINCIA DE EL ORO

LOYOLA BATIOJA SARA DENNISSE
INGENIERA QUÍMICA

ZHUNLAULA SAQUIZARI JOEL LEONARDO
INGENIERO QUÍMICO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MESO- Y MICROPLÁSTICOS EN
TRES PLAYAS TURÍSTICAS DE LA PROVINCIA DE EL ORO

LOYOLA BATIOJA SARA DENNISSE
INGENIERA QUÍMICA

ZHUNAULA SAQUIZARI JOEL LEONARDO
INGENIERO QUÍMICO

GONZALEZ CARRASCO VICTOR HUGO

MACHALA, 22 DE SEPTIEMBRE DE 2022

MACHALA
2022

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MESO- Y MICROPLÁSTICOS EN TRES PLAYAS TURÍSTICAS DE LA PROVINCIA DE EL ORO

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Escuela Politecnica Nacional

Trabajo del estudiante

<1%

2

dspace.unl.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

3

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

4

red.uao.edu.co

Fuente de Internet

<1%

5

www.programapleamar.es

Fuente de Internet

<1%

6

ryvakiryna.wordpress.com

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, LOYOLA BATIOJA SARA DENNISSE y ZHUNLAULA SAQUIZARI JOEL LEONARDO, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MESO- Y MICROPLÁSTICOS EN TRES PLAYAS TURÍSTICAS DE LA PROVINCIA DE EL ORO, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 22 de septiembre de 2022



LOYOLA BATIOJA SARA DENNISSE
0703492348



ZHUNLAULA SAQUIZARI JOEL LEONARDO
0706615853

DEDICATORIA

A mis hijos, Aileen mi luz e Isaac mi regalo, Uds. son mi fuerza, mi motor, mi esperanza y mi empuje.

Sara Dennisse Loyola Batioja

Dedico el presente proyecto a mi familia y especialmente a mi madre por ser un ejemplo de calidad de persona y por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera, por ser el eje fundamental en mi vida.

Joel Leonardo Zhunaula Saquizari

AGRADECIMIENTO

Este trabajo no hubiera sido posible sin la tutorización del Dr. Víctor Hugo González Carrasco a quien agradecemos por sus consejos e implicación en el desarrollo de esta investigación. Su guía como docente, tutor y amigo nos ha sabido encaminar a lo largo de nuestros años estudiantiles.

Damos gracias con especial ahínco a la Dra. Marial Elena Cazar y al docente Freddy Bustamante por acoger a estudiantes de otra institución y brindarle su apoyo, guía y conocimientos en lo que respecta a la realización de análisis por espectroscopia infrarroja.

A la facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca y al decano Fausto Leonardo Zaruma Torres por la hospitalidad brindada y permitirnos utilizar sus laboratorios.

Al Ing. Byron Lapo por involucrarse en nuestro proyecto y mejorar nuestra comprensión del tema. A la Ing. Tanya Carchi por su corrección en la redacción del presente documento.

Y un especial agradecimiento a la Universidad Técnica de Machala por ser la cuna de nuestro conocimiento y brindarnos las oportunidades necesarias para convertirnos en grandes profesionales.

Eternamente agradecidos,

Joel y Sara.

RESUMEN

La presencia de plásticos en las playas es uno de los problemas de contaminación más frecuentes por residuos sólidos. Los meso- y microplásticos, son partículas provenientes de la fragmentación y degradación de basura plástica presentes en las zonas costeras; la existencia de este tipo de partículas genera gran preocupación debido a que pueden ser ingeridos por la fauna marina y pueden absorber contaminantes. En zonas costeras genera un impacto negativo al alterar las propiedades de los sedimentos y en consecuencia afectar a los organismos que habitan este lugar, a la población, al turismo y al ecosistema.

La presente investigación tiene la finalidad de evidenciar la presencia de Meso-Microplásticos mediante identificación y caracterización de polímeros encontrados en las playas de Isla Jambelí, playa Bajo Alto e Isla San Gregorio de la provincia de El Oro. Para obtener las muestras en cada playa se ubicaron 5 puntos en una extensión de 100 metros a lo largo de la zona de pleamar. Las partículas plásticas obtenidas fueron diferenciadas por tamaño: mesoplásticos (5 mm a 25 mm) y microplásticos (1 μ m a 5 mm), utilizando el método de separación por densidad. Los mesoplásticos se identificaron de forma visual mediante forma, color y cantidad; para posteriormente ser identificados por microscopía óptica y separar las partículas plásticas de las no plásticas. Se obtuvieron un total de 672 ítems de mesoplásticos, donde las formas más comunes fueron el plástico duro/fragmentos en Isla Jambelí (81,7%) y en Isla San Gregorio (84,4%); y el film/ lámina en playa de Bajo Alto (63,5%). Su clasificación por color demostró que los colores predominantes en cada playa fueron: blanco (24,6 %) y azul (21,9%) en Isla Jambelí; azul (30,8%) y blanco (20,4%) en playa Bajo Alto; azul (32,8%) y blanco (11,7%) en Isla San Gregorio.

En cuanto a los microplásticos, se realizó una caracterización utilizando el método de espectroscopia FTIR-ATR, se identificó el tipo de polímeros según su composición. Seleccionando de forma aleatoria y obteniendo una lectura de 30 espectros se encontraron los siguientes polímeros: acetato de celulosa (CA), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP), polietileno (PE), etileno acetato de vinilo (EVA), polimetilmetacrilato (PMMA) y polietileno tereftalato (PET).

Tras un breve conteo de los espectros resultantes se determinó que las partículas plásticas que se constituían por PET y PMMA fueron las que más se repitieron; este tipo de

partículas pueden ser provenientes del turismo, pesca o crecimiento poblacional cercano a la costa.

Mediante la cantidad de ítems recolectados se estimó la abundancia media de mesoplásticos (179,2 ítems/m²) y microplásticos (763,7 ítems/m²), los cuales en comparación con datos obtenidos en costas de diferentes países alrededor del mundo permite inferir que las playas de la provincia de El Oro mantienen valores significativos de contaminación por plásticos.

En las costas ecuatorianas existen pocos o nulos estudios relacionados con la presencia de meso- y microplásticos en las playas; por lo que, resulta imposible realizar una comparativa entre el tipo de polímeros, forma o color encontrados; de igual manera no se puede estimar el incremento de los plásticos presentes en estas áreas.

Palabras claves: mesoplásticos, microplásticos, FTIR, microscopía óptica.

ABSTRACT

The presence of plastics on beaches is one of the most serious pollution problems. It is frequently due to solid waste. meso- and microplastics are particles from the fragmentation and degradation of plastic waste present in coastal areas; the existence of this type of particles generates great concern because they can be ingested by marine fauna and can absorb pollutants. In coastal areas it generates a negative impact by altering the properties of the sediments and consequently affecting the organisms that inhabit this place, to the population, tourism and the ecosystem.

The purpose of this research is to identify and characterize the different polymers and possible sources of contamination in 3 beaches such as the beaches of the Jambelí Island, Bajo Alto and San Gregorio Island in the province of El Oro, in such a way that strategies can be proposed to mitigate this problem.

To obtain samples on a beach, 5 points were located in an area of 100 m. throughout the high tide zone. The plastic particles obtained were differentiated by size: mesoplastics (25 mm to 5 mm) and microplastics (5 mm to 1 μ m), using the density separation method. Mesoplastics were identified visually through shape, color, and quantity; to later be identified by optical microscopy and separate the plastic particles from the non-plastic ones. They obtained a total of 672 mesoplastics, where the most common forms were plastic hard/fragments on Jambelí Island (81.7%) and San Gregorio Island (84.4%); and the film/sheet in Bajo Alto beach (63.5%). Their color sorting showed that the predominant colors on each beach were: white (24.6%) and blue (21.9%) on the island Jambelí; blue (30.8%) and white (20.4%) in Bajo Alto beach; blue (32.8%) and white (11.7%) on San Gregorio Island.

As for microplastics, a characterization was performed using the FTIR-ATR spectroscopy method, the type of polymers was identified according to their composition. Selecting randomly and obtaining a reading of 30 spectra found the following polymers: cellulose acetate (CA), acrylonitrile butadiene styrene (ABS), polyvinyl chloride (PVC), polypropylene (PP), polyethylene (PE), ethylene vinyl acetate (EVA), polymethylmethacrylate (PMMA) and polyethylene terephthalate (PET).

After a brief count of the resulting spectra, it was determined that the plastic particles that were constituted by PET and PMMA were the ones that were most repeated; this type of particles can be from tourism, fishing or population growth near the coast.

Using the number of items collected, the average abundance was mesoplastics (179.2 items/m²) and microplastics (763.7 items/m²), which in comparison with data obtained on the coasts of different countries around the world allows us to infer that the beaches of the province of El Oro maintain significant pollution values.

On the Ecuadorian coasts there are few or no studies related to the presence of meso- and microplastics on the beaches; therefore, it is impossible to make a comparison between the type of polymers, shape or color found; similarly, the increase in plastics present in these areas cannot be estimated.

Keywords: mesoplastics, microplastics, FTIR, optical microscopy.

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN	III
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE GRÁFICO	X
ÍNDICE DE TABLA	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
ABREVIATURAS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	14
PROBLEMÁTICA	16
JUSTIFICACIÓN	18
OBJETIVOS	19
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos	19
HIPÓTESIS	20
VARIABLES	20
Variables independientes:.....	20
Variables dependientes:	20
CAPÍTULO I	21
1. MARCO TEÓRICO	21
1.1 Plásticos	21
1.1.1 Características de los plásticos	21
1.1.2 Clasificación de los plásticos	22
1.1.2.1 Termoestables	23
1.1.2.2 Termoplásticos.....	23
1.1.3 Clasificación de los plásticos por su tamaño	24
1.2 Mesoplásticos (MEP).....	25
1.3 Microplásticos (MP)	25
1.3.1 Clasificación de los microplásticos.....	26
1.3.2 Fuente de microplásticos	27
1.3.3 Principales problemas ocasionados por los microplásticos	29
1.4 Destino de los meso- y microplásticos	30

1.5 Impacto de los meso- y microplásticos en el ecosistema.....	31
1.5.1 Ingestión de meso- y microplásticos por la vida marina	31
1.5.2 Capacidad de absorber contaminantes	32
1.6 Presencia de meso- y microplásticos en las costas ecuatorianas	32
1.7 Legislación relacionada con los meso- y microplásticos.....	32
1.7.1 Nivel Nacional	33
1.7.2 Nivel Internacional	33
1.7.2.1 Normativa sobre contaminación por microplásticos y relevancia para los residuos sólidos	34
1.8 Métodos de identificación y caracterización	34
1.8.1 Microscopía óptica.....	34
1.8.2 Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR).....	35
CAPÍTULO II	36
2. METODOLOGÍA	36
2.1 Tipo de Investigación.....	36
2.2 Ubicación del Área de Estudio	36
2.3 Población de Estudio	37
2.4 Materiales, Equipos y Reactivos.....	37
2.5 Muestra	39
2.5.1 Toma de Muestra	39
2.6 MÉTODO: Técnicas de identificación y caracterización.....	40
2.6.1 Mesoplásticos.....	40
2.6.1.1 Recuento de mesoplásticos	40
2.6.1.2 Microscopía Óptica.....	41
2.6.1.3 Estimación de la concentración de MEP	43
2.6.2 Microplásticos.....	43
2.6.2.1 Preparación de la muestra	43
2.6.2.2 Caracterización de microplásticos por espectroscopia FTIR-ATR	45
CAPÍTULO II	47
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
3.1 Identificación morfológica en Mesoplásticos	47
3.1.1 Clasificación por forma	47
3.1.2 Clasificación por color.....	49
3.2 Caracterización Química de Microplásticos	51
3.3 Abundancia media de Mesoplásticos y Microplásticos	54

3.3.1 Relación por cantidad MEP	54
3.3.2 Relación por cantidad MP.....	56
CAPÍTULO IV	59
CONCLUSIONES	59
CAPÍTULO V.....	61
RECOMENDACIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS	71

ÍNDICE DE GRÁFICO

Figura 1: Tipo de polímeros por su estructura molecular, (a) lineal, (b) entrecruzados, (c) ramificados, (d) reticulados.	22
Figura 2: Clasificación de los polímeros por sus propiedades térmicas.....	23
Figura 3: Factores de degradación de polímeros sintéticos en el medio acuoso	27
Figura 4: Fuente de Contaminación de microplásticos.....	28
Figura 5: Fuente de Microplásticos	29
Figura 6: Localización Costas: Ecuador, Provincia de El Oro, playas turísticas de la provincia.	37
Figura 7: Playas de Estudio: a. Isla Jambelí, b. Playa Bajo Alto, c. Isla San Gregorio.	37
Figura 8: Puntos de recolección de muestras en las playas turísticas de El Oro	39
Figura 9: Diagrama del proceso de toma de muestra	40
Figura 10: Planilla de Recuento de Mesoplásticos.....	41
Figura 11: MEP por Estereomicroscopio: a. plástico duro, b. foam, c. velcro, d. plástico duro, e. esponja, f. goma, g. esponja, h. film, i. fibras, j. film, k. plástico duro, l. film.	42
Figura 12: MEP por microscopio óptico: a. esponjas, b. fibra, c. esponja, d. film, e. plástico duro, f. esponja, g. pellets, h. film, i. goma, j. foam.....	43
Figura 13: Diagrama del proceso de separación entre arena y plástico.	44
Figura 14: Equipo de Espectroscopía FTIR-ATR	46
Figura 15: Resultados por tipo de MEP encontrado en las 3 playas de la provincia de El Oro	49
Figura 16: Resultados por color de MEP encontrado en las 3 playas de la provincia de El Oro	51
Figura 17: Espectros IR de polímeros encontrados.....	52
Figura 18: Resultados por cantidad total de MEP encontrados en las tres playas de la provincia de El Oro.....	55
Figura 19: Relación por cantidad de MEP de las tres diferentes playas de la provincia de El Oro.....	56
Figura 20: Resultados por cantidad total de MP encontrados en las tres playas de la provincia de El Oro.....	57
Figura 21: Relación por cantidad de MP de las tres diferentes playas de la provincia de El Oro.....	58

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Concentración de MP en diversos ambientes marinos.	30
Tabla 2: Clasificación por Forma de los MEP obtenidos	48
Tabla 3: Clasificación por color de los MEP obtenidos	50
Tabla 4: Listado de polímeros encontrados	53
Tabla 5: Cantidades totales de los MEP encontrados	54
Tabla 6: Cantidad totales de los MP encontrados.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Toma de muestra Jambelí	71
Anexo 2: Planilla de datos totales Jambelí	71
Anexo 3: Toma de muestra Bajo Alto	72
Anexo 4: Planilla de datos totales Bajo Alto.....	72
Anexo 5: Toma de muestra San Gregorio	73
Anexo 6: Planilla de datos totales San Gregorio	73
Anexo 7: Identificación de Mesoplásticos por Microscopia Óptica	74
Anexo 8: Preparación de la muestra Microplásticos	74
Anexo 9: Separación por densidad de Microplásticos	74
Anexo 10: Preparación del Peróxido de Hidrógeno al 30%	75
Anexo 11: Filtrado al vacío	75
Anexo 12: Espectroscopía FTIR-ATR	75
Anexo 13: Espectros IR Jambelí	76
Anexo 14: Espectros IR Bajo Alto	77
Anexo 15: Espectros IR San Gregorio	78
Anexo 16: Asignaciones de picos característicos de FTIR para varios tipos de MP	79

ABREVIATURAS

ABS: Acrilonitrilo butadieno estireno

ATR: Reflectancia total atenuada

CA: Acetato de celulosa

EVA: Etilvinilacetato

FTIR: Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier

H₂O₂: Peróxido de Hidrógeno

IR: Infrarrojo

MAP: Macroplásticos

MEP: Mesoplásticos

MO: Materia orgánica

MP: Microplásticos

NP: Nanoplásticos

PC: Policarbonato

PE: Polietileno

PET: Polietileno Tereftalato

PL/PES: Poliéster

PMMA: Polimetilmetacrilato

PP: Polipropileno

PS: Poliestireno

PT: Plástico

PTFE: Politetrafluoroetileno

PVC: Policloruro de vinilo

INTRODUCCIÓN

Los plásticos están compuestos por polímeros orgánicos sintéticos, derivados de la polimerización de monómeros¹; los cuales pueden ser producidos por distintas fuentes, sin embargo, los más comunes son los de origen fósil.²

El plástico se ha convertido en un material indispensable para nuestra vida diaria. A lo largo de los años ha logrado reemplazar a otros materiales de uso cotidiano, como lo eran el metal o el vidrio, esto debido a su versatilidad, facilidad de procesamiento, alta durabilidad y economía; por lo que podemos encontrarlo en casi todas las diferentes industrias existentes.²

Sin embargo, las mismas propiedades que lo convierten en un material estrella, como lo son su durabilidad y ligereza, los vuelven un gran peligro para el medio ambiente. Al ser un material resistente a la degradación, puede mantenerse por largos períodos de tiempo en el medio, transportarse a distintos lugares y concentrarse en otros produciendo diversos problemas en los ecosistemas.³

A nivel mundial, la disposición final de residuos plásticos se realiza en vertederos o en el mejor de los casos pasan por un proceso de reciclaje. A pesar de esto, gran parte de los residuos plásticos no cuentan con una disposición final adecuada y terminan asentados en entornos terrestres o acuáticos.²

Muchos de los residuos encontrados en los mares son provenientes de los ríos que desembocan en ellos, por lo tanto, se considera tomará muchos años el poder disminuir de forma significativa la presencia de plásticos en los océanos.⁴

Es de suma importancia tener en cuenta el problema que generan los plásticos en el medio marino, ya que estos pueden provocar la interrupción directa y/o indirecta de la estructura, las funciones y, en consecuencia, los servicios y valores del ecosistema.⁵

La situación se agrava cuando los residuos plásticos arrojados en zonas costeras empiezan a degradarse por la acción combinada de foto degradación, abrasión mecánica y oxidación, creando partículas plásticas conocidas como mesoplásticos y microplásticos.³

Se denominan mesoplásticos a aquellas partículas plásticas con un rango de tamaño de entre 25 a 5 mm y microplásticos a partículas con un rango de tamaño de entre 5mm a 1 μm . Estas partículas pueden provenir de fuentes industriales primarias o de la degradación

de macroplásticos (tamaño de partícula: >5 mm) también conocidas como fuentes secundarias.

La presencia de estos pequeños fragmentos en los océanos y zonas costeras fue expuesta por primera vez en 1970, generando un gran interés científico, lo que provocó la realización de diversos estudios que comprueban lo extendidos que se encuentran estos contaminantes en el medio marino y su potencial de daño en la biota.¹

Algunos de los problemas que pueden ocasionar este tipo de partículas son: su ingesta, disponibilidad y acumulación en la fauna marina, además de que suelen contener aditivos que tienen efectos negativos en sus huéspedes; su capacidad de adherirse a contaminantes orgánicos y absorber compuestos hidrófobos, incluyendo aquellos que son considerados como tóxicos.⁶

El objetivo de este estudio es identificar la presencia de meso- y microplásticos en las playas turísticas de la provincia de El Oro, el tipo de polímeros que constituyen estas partículas y la relación entre la cantidad obtenida.

PROBLEMÁTICA

La producción de plásticos a nivel mundial en el año 2021,⁷ alcanzó los 367 millones de toneladas métricas, en donde China representó un 32% de producción total a nivel mundial, mientras que Norteamérica produce el 19%. De todo el plástico producido en el mundo, un 3 a 5 % terminan en el océano.⁸

El aumento exponencial de la producción y uso de plásticos que generan meso- y microplásticos causa gran preocupación a organizaciones internacionales encargadas del cuidado del medio ambiente. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU),⁹ estima que la producción de microplásticos llegará a superar los 1.000 millones de toneladas para el año 2050. Aunque inicialmente la mayoría de meso- y microplásticos encontrados se obtenían de la degradación, abrasión y fragmentación física de plásticos desechados, hoy en día la creciente producción de pellets ha aumentado de forma significativa a nivel mundial, así como los peligros que estos implican.¹⁰

Según un informe publicado por la World Wildlife Fund (WWF) en el 2020,¹¹ la cantidad de plásticos estimada en los océanos rondaba los 86 a 150 millones de toneladas métricas, de igual manera, datos obtenidos en el informe, “Impactos de la contaminación por plásticos en los océanos sobre las especies, la biodiversidad y los ecosistemas marinos”, estimaron alrededor de 5.25 billones de partículas plásticas.

Dentro de Latinoamérica, la producción de plásticos representa el 4% a nivel mundial,⁷ sin embargo, sus desechos van en aumento a medida que la industrialización se va desarrollando, el crecimiento en la población e industrias reflejó problemas en el sistema de recolección de residuos sólidos y clasificación de plásticos,¹² los cuales se evidencian en mayor medida en las costas y ecosistemas marinos, ya que aumenta la presencia de meso- y microplásticos que afectan de forma significativa a la vida marina en general.

En el Ecuador la producción de plásticos anuales es de 531.461 toneladas métricas, representando el 11,43% de los residuos totales generados.¹³ Se estima que la mitad de la producción anual corresponde a plástico de un solo uso, es decir, alrededor de 261.778 toneladas de plástico, no pueden ser recicladas.¹⁴

En la provincia de El Oro destacan tres playas de carácter turístico, las cuales se ven afectadas por la contaminación a causa de los asentamientos poblacionales y la falta de

concientización en el cuidado de las zonas costeras, provocando así el crecimiento exponencial de meso- y microplásticos presentes a orillas del mar. A pesar de lo antes mencionado, en la provincia de El Oro no se ha realizado ningún estudio de la presencia de meso- y micro plásticos en el territorio costero.

JUSTIFICACIÓN

El plástico que es desechado a ecosistemas terrestres y marítimos sufre un proceso de degradación ambiental ocasionado por factores físicos, químicos y biológicos. Al ser expuestos a ciertas condiciones ambientales sus estructuras comienzan a debilitarse, lo que conduce a la fragmentación del plástico en partículas más pequeñas. De igual manera, al encontrarse en ambientes abiertos como las playas, reciben de forma directa radiación UV, la cual afecta sus propiedades físicas a nivel molecular. Por último, existen ciertos microorganismos capaces de asimilar y mineralizar el carbono proveniente del plástico; todo esto sumado a la cantidad preocupante de plástico que se arroja en estos ecosistemas contribuye a la formación de meso y microplásticos.⁶

Los meso- y microplásticos son una gran fuente de contaminación, cuya importancia ha ido creciendo de forma paulatina a nivel global. Su investigación ha tomado fuerza en los últimos años, buscando conocer su implicación en nuestro entorno.

En la actualidad, estudios realizados por organismos dedicados al cuidado del medio ambiente FAO⁹, entidades particulares,¹⁵ e instituciones locales como el “Instituto de Investigación Acuicultura y Pesca” y ESPOL¹⁶ explican el peligro que conllevan la presencia de meso – y microplásticos en distintos ecosistemas, siendo los más afectados las zonas litorales, así como las superficies de los océanos y el fondo marino. Los organismos acuáticos pueden verse afectados al ingerir este tipo de residuos en su etapa reproductiva, la supervivencia larvaria y en su etapa de crecimiento.¹⁷

Al identificar los meso- y microplásticos mediante microscopía óptica y caracterizar usando espectroscopía (FTIR-ATR), se puede reconocer la cantidad y el tipo de polímeros del cual provienen las partículas plásticas.

El presente estudio se enfoca en la caracterización e identificación de meso- y microplásticos en playas turísticas de la provincia de El Oro, las cuales incluyen la Isla Jambelí, Isla San Gregorio y la Playa Bajo Alto.

OBJETIVOS

Objetivo General

Identificar y caracterizar meso- y microplásticos mediante el método microscopía óptica y espectroscopía FTIR-ATR, en tres playas turísticas de la provincia de El Oro.

Objetivos Específicos

- Identificar las características morfológicas de los mesoplásticos mediante microscopía óptica.
- Caracterizar los tipos de polímeros que constituyen a los microplásticos, mediante espectroscopía FTIR-ATR.
- Determinar la abundancia media de mesoplásticos y microplásticos presentes en las playas turísticas de la provincia de El Oro.

HIPÓTESIS

La presencia de meso- y microplásticos en tres playas de la provincia de El Oro indican que la abundancia de estas partículas ha aumentado sustancialmente.

VARIABLES

Variables independientes:

- Ubicación de la playa

Variables dependientes:

- Presencia de meso y microplásticos, abundancia, color y forma de mesoplásticos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Plásticos

Una definición básica para los plásticos, es el término griego del cual proviene “*plastikos*”, que significa “moldeable”, el que hace referencia al material maleable durante su manufactura. En química, el plástico es una mezcla de polímeros con aditivos, donde polímeros (poly-, “muchos” y -mer, “partes”), se componen de varias unidades sean idénticas o semejantes, conocidos como monómeros, unidas por enlaces covalentes. En el siglo pasado los polímeros eran un conjunto de materiales orgánicos compuestos por oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y carbono, siendo este último el principal de ellos. Pero en la actualidad se han producido polímeros de forma artificial, para mejorar sus características, tales como: mayor resistencia, menor peso y mayor flexibilidad; esto mediante distintos procesos de transformación aplicando calor y presión,¹⁸ el cual hace que su tiempo de degradación y resistencia aumente, dando así uno de los mayores problemas ambientales en la actualidad.¹⁹

1.1.1 Características de los plásticos

Las características principales de los plásticos (PT) son: tener una relación densidad/resistencia alta, son excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico debido a su baja conductividad. Además, presentan una gran resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, buena elasticidad, son fáciles de fabricar y su costo es inferior al de otros materiales.²⁰

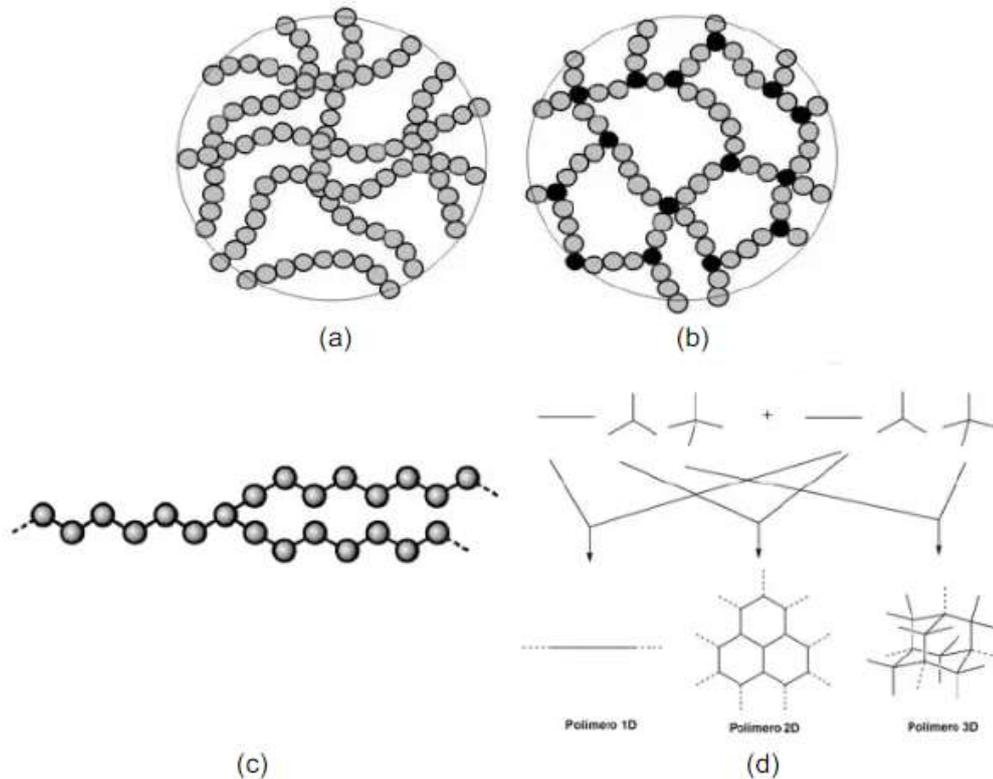
Los plásticos pueden provenir de distintas materias primas como sustancias animales, vegetales, minerales, petróleo y gas natural, sin embargo, los plásticos más extendidos y utilizados a nivel global son aquellos provenientes del petróleo. Todos estos materiales por lo general contienen carbono e hidrógeno en su estructura molecular.²¹

Sin embargo, no son adecuados para utilizarse a temperaturas muy altas o bajas, poseen poca dureza superficial, tienen poca resistencia a la abrasión, así como a los rayos UV y algunos de estos pueden llegar a ser tóxicos.

Los plásticos se crean mediante un proceso que se conoce como polimerización, el cual puede darse por adición, condensación o etapas, formando estructuras moleculares

complejas a partir de moléculas orgánicas más simples conocidas como monómeros. Según el tipo de plástico obtenido su estructura molecular podrá ser lineal, ramificada o entrecruzada, como se muestra en la figura 1.

Figura 1: Tipo de polímeros por su estructura molecular, (a) lineal, (b) entrecruzados, (c) ramificados, (d) reticulados.

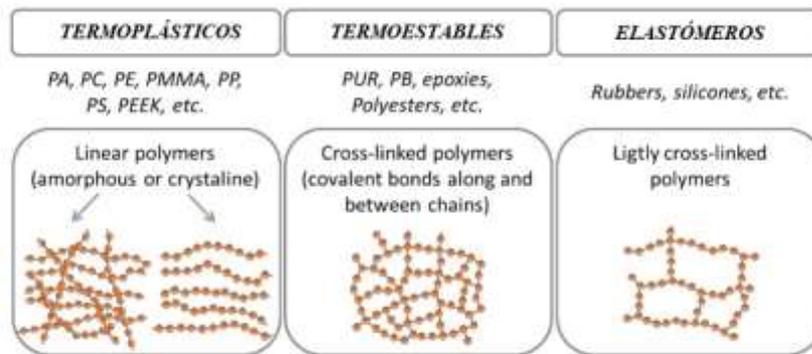


Fuente: ²²

1.1.2 Clasificación de los plásticos

La clasificación común para los plásticos depende de su estructura básica, ramificaciones y también por su comportamiento ante la temperatura, dividiéndose en tres grupos: termoplásticos, termoestables y elastómeros (figura 2). Para efectos de este estudio, se centrará en aquellos de donde se desprenden los mesoplásticos (MEP) y microplásticos (MP), es decir, termoplásticos y termoestables.¹⁸

Figura 2: Clasificación de los polímeros por sus propiedades térmicas



Fuente: ¹⁸

1.1.2.1 Termoestables

Se denominan termoestables o termofijos a aquellos plásticos cuya composición molecular forman una red larga que no puede desatarse por medio de temperatura, es decir que no pueden fundirse y muy raramente se hinchan., lo que no permite que sean moldeables ni sean capaces de ser modificados o reciclados. Esta condición se da por el grado de calor, el tipo y cantidad de catalizadores y la proporción de formaldehído utilizados en su preparación. En condiciones normales (temperatura ambiente) son generalmente duros y estables.²³

Los plásticos obtenidos en esta clasificación son aquellos que presenten los siguientes polímeros:

- Resinas fenólicas
- Resinas de poliéster
- Resinas ureicas
- Resinas epóxicas
- Poliuretano
- Resinas de melanina

1.1.2.2 Termoplásticos

Los termoplásticos se componen de macromoléculas lineales o ramificadas, unidas entre unas con otras por fuerzas intermoleculares. Cuya principal característica es su fácil transformación de sólido a líquido y viceversa al aplicarles temperatura por acción del

calor, por lo cual son fácilmente moldeables sin necesidad de llegar a su temperatura de fusión.²⁴ Esto es debido a que sus macromoléculas están libres o sueltas unas de otras y pueden deslizarse entre sí ante la aplicación de calor. Su estructura molecular tiene forma de cadena abierta o hilos. En estado sólido, pueden deformarse permanentemente al aplicarles fuerza o presión. A temperatura ambiente pueden ser duros (rígidos) o blandos (frágiles), por esta razón pueden ser moldeados varias veces lo cual favorece su reciclaje.²³

Los termoplásticos se clasifican según su arreglo molecular, esto se debe a que, dependiendo de sus propiedades físicas y mecánicas, su proceso de fusión y solidificación variarán,²³ los principales polímeros termoplásticos son:

- Acrílico (polimetilmetacrilato, PMMA)
- Acrilonitrilo/ Butadieno/ Estireno (ABS)
- Cloruro de polivinilo (PVC)
- Estireno Acrilonitrilo (SAN)
- Nylon (poliamida, PA)
- Óxido Polifenileno Modificado y Ether Polifenileno (PPO, PPE)
- Policarbonato (PC)
- Poliéster (Polibutileno Tereftalato, PBT o PBTP)
- Poliestireno (PS)
- Polietileno (PE)
- Polietileno Tereftalato (PET)
- Polioximetileno (acetal, POM)
- Polipropileno (PP)
- Polisulfona, Polieterimida y Polietersulfona (PSO, PEI, PES)
- Poliuretano Termoplástico (TPU)

1.1.3 Clasificación de los plásticos por su tamaño

Los desechos plásticos que se acumulan en fuentes hídricas,⁵ se lo clasifica como megaplásticos (MGP) cuya longitud es mayor de 100 mm; macropásticos (MAP) cuyo rango va de 100 mm a 20 mm; mesoplásticos (MEP) cuyo tamaño varía de 20 mm a 5 mm; y microplásticos (MP) cuyas partículas son de un tamaño menor a 5 mm hasta 1 μm . Otras literaturas, agregan una clasificación más, los nanopásticos (NP) con un tamaño menor a 1 μm .²

Los MGP y MAP son aquellos de mayor dimensión que son reconocidos a simple vista, constituyen la mayor cantidad de desechos plásticos encontrados en ambientes terrestres y marítimos; están compuestos por plásticos primarios (como los pellets) pero se consideran plásticos secundarios.²⁴

Los MEP son partículas de transición entre la degradación de los macroplásticos visibles,⁵ próximos a convertirse en microplásticos de tipo secundario. Es decir, estas primeras tres clasificaciones provienen de plásticos no degradables comunes y de uso diario.

Los MP y NP son contaminantes microscópicos que pueden tener dos fuentes de origen, sus fuentes primarias, que son aquellas partículas conocidas como pellets que se utilizan para la fabricación de diferentes objetos plásticos y, su fuente secundaria que proviene de plásticos de mayor tamaño de común comercio y uso cotidiano arrojados como desechos, los cuales debido a la degradación ambiental tienden a fragmentarse y convertirse en dichas partículas minúsculas.⁵

1.2 Mesoplásticos (MEP)

El término mesoplásticos (MEP) fue introducido en el año 2011 por Andrady, los MEP son piezas de plástico (rango de tamaño 5 a 25 mm), estos desechos se pueden fragmentar en desechos de menor tamaño como los MP y NP, entre más pequeña, se hace más difícil el poder recogerlas y poderlas eliminar. Estos ingresan como desechos macroplásticos y de allí se fragmentan,²⁵ donde se mencionan la relevancia de los MEP, los cuales “cumplen un papel importante para la compresión de los mismos y su destino en cada playa” y su escasa información sobre el impacto e incidencia en los ecosistemas marinos; mientras que,²⁶ demuestran que “tanto el tamaño y la cantidad de MEP aumentan gradualmente cuanto más cercano de la costa” se encuentren.

1.3 Microplásticos (MP)

Según el “Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca”,²⁷ los MP son objetos de plástico en proceso de desintegración, las cuales son partículas de menos de 5 mm de diámetro.

La Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas,²⁸ indica que los MP están cada vez más extendidos en los ecosistemas marinos, estos MP como poliéster y polietileno derivados del petróleo, son preocupantes dada a su persistencia en el ambiente.

Los MP pueden provenir de diferentes formas ya sea por fragmentación, composición y degradación:

- Por fragmentación de materiales de mayor escala por la oxidación atmosférica, radiación ultravioleta o por fuerzas mecánicas por acción de las olas.
- Por composición de productos para la sociedad tales como pinturas, productos de limpieza, cosméticos, etc.
- Por degradación de botellas, neumáticos, canchas sintéticas.

Según la “European Food Safety Authority” (EFSA),²⁹ “los MP pueden contener en promedio un 4% de aditivos, los cuales son de naturaleza orgánica e inorgánica”, pero en otros casos existen aditivos que son dañinos para el ser humano tales como: retardantes, plastificantes, colorantes, bisfenol-A, etc.

1.3.1 Clasificación de los microplásticos

Los microplásticos se clasifican en primarios y secundarios.

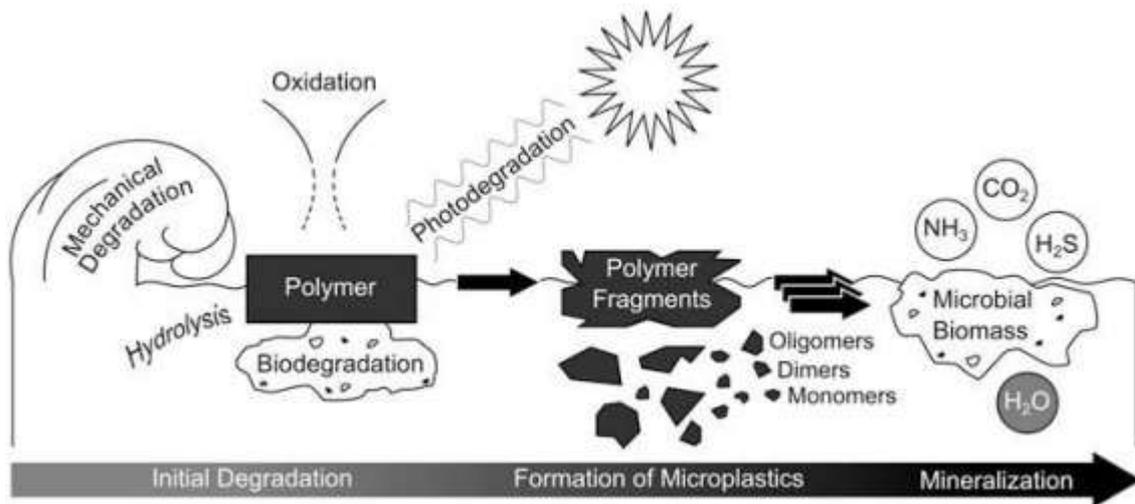
- Microplásticos Primarios (MPPs)

Los microplásticos primarios (MPPs), son de tamaño microscópico que no sobrepasa los 5 mm mejor conocidas como micro esferas, que son insertadas en productos cosméticos, dentales y faciales.²⁴ Algunos de estos MP son utilizados en la industria farmacéutica.

- Microplásticos Secundarios (MPSs)

El Parlamento Europeo,³⁰ menciona que los microplásticos secundarios (MPSs) son originados de objetos plásticos más grandes, es decir que miden más de 5 mm, los cuales son arrojados en ambientes terrestres y acuáticos donde son expuestos a condiciones ambientales que originan su degradación mediante factores físicos, químicos y biológicos descritos en la figura 3.

Figura 3: Factores de degradación de polímeros sintéticos en el medio acuoso



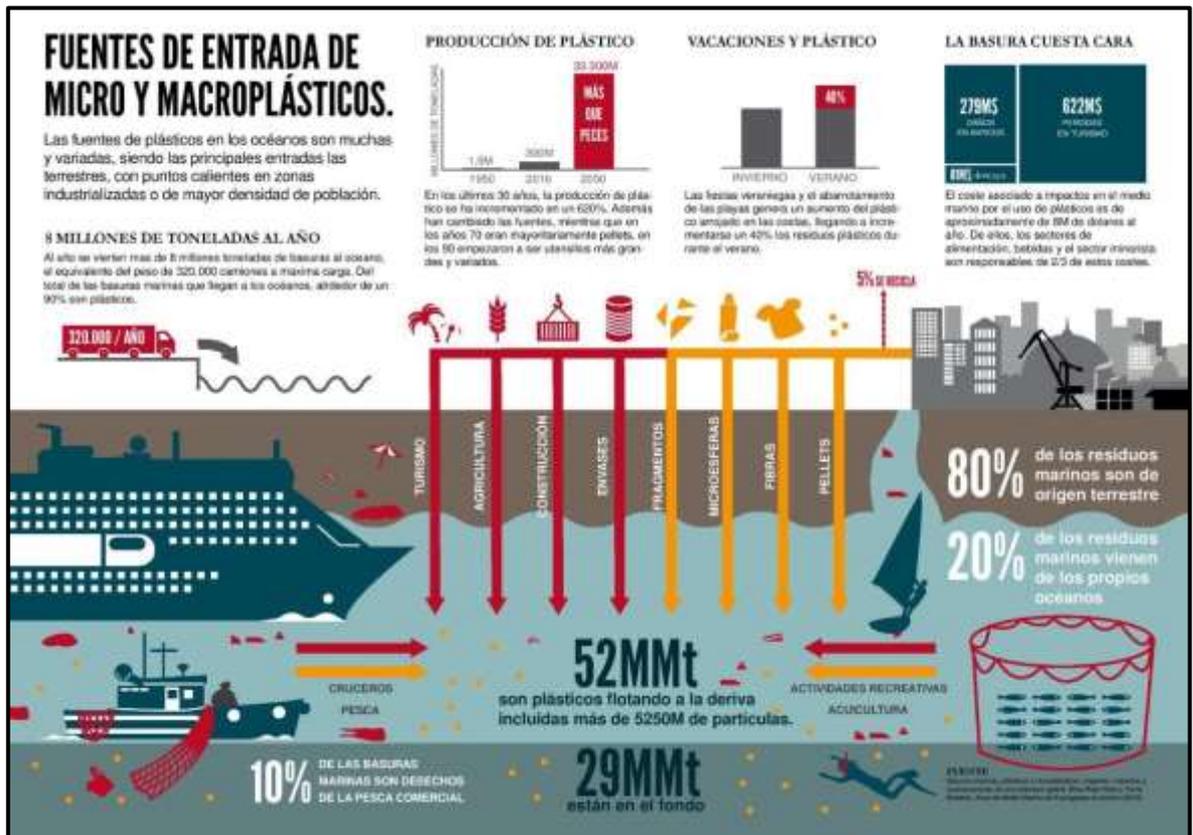
Fuente: ³¹

Finalmente, la producción mundial de microplásticos según su composición polimérica es la siguiente: 36% polietileno (PE), 21% polipropileno (PP), 12% policloruro de vinilo (PVC).³²

1.3.2 Fuente de microplásticos

Se estima que los residuos sólidos que provienen de los ríos representan el 80% de la basura encontrada en las playas. Como se muestra en la figura 4, entre los objetos plásticos que llegan por tierra se incluyen los desechos provenientes de construcción, residuos del turismo de costas, envases de productos de consumo. Los 20% restantes provienen de actividades realizadas desde el propio océano, en el cual la pesca es la que más contribuye a su contaminación, por medio de la pérdida de redes, líneas, boyas, etc., que quedan atrapados en el océano, afectando así a numerosos organismos.¹⁵

Figura 4: Fuente de Contaminación de microplásticos



Fuente: ¹⁵

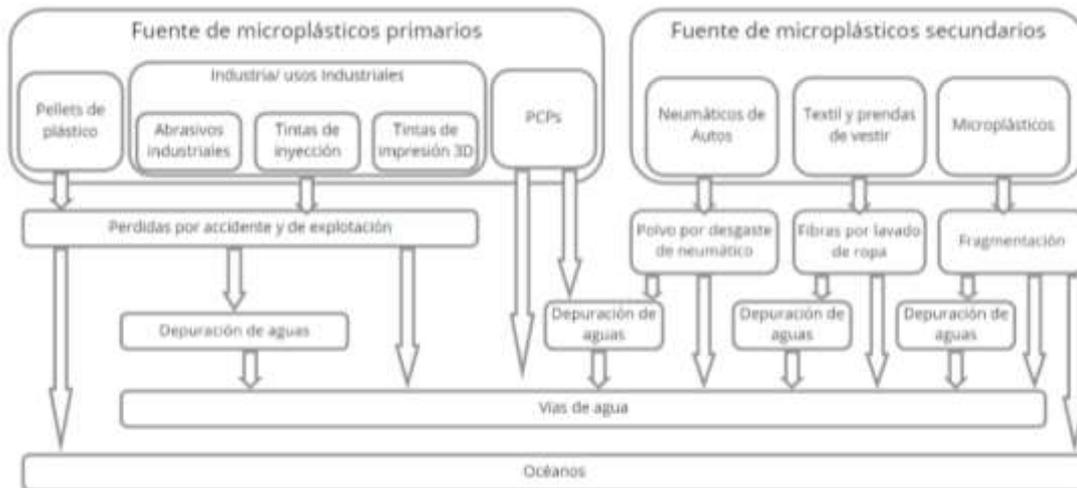
Además de las fuentes terrestres, también existen microplásticos provenientes de actividades marítimas, los cuales se pueden clasificar según su tipo: microplásticos primarios MPPs y microplásticos secundarios MPSs, tal como se describe en la figura 5.

Se sabe que la fuente principal de los MPPs es la resina plástica utilizada en la fabricación de distintos productos de uso cotidiano, provenientes de la pérdida accidental de carga industrial; también entra en esta clasificación el uso de PCPs por parte de pasajeros de cruceros.³³

Los MP secundarios son procedentes de la utilización de materiales destinados a la pesca, los cuales se van desgastando como por ejemplo las redes de arrastre de fondo.³⁴

La industria textil (fibras sintéticas) es la fuente principal de liberación de fibras a través de aguas residuales, en un estudio forense de MP en aguas residuales se encontró poliéster (PL/PES) y acrílico policarbonato (PC), los productos más utilizados en la industria textil.³³

Figura 5: Fuente de Microplásticos



Fuente: ³³

1.3.3 Principales problemas ocasionados por los microplásticos

- Especies marinas

Los efectos negativos que pueden generar la ingesta de los MP son varios: daños de carácter físico (bloqueo del aparato digestivo), cambios en el comportamiento y citotoxicidad generada por lixiviación de contaminantes tóxicos, los cuales son precursores de cáncer y alteraciones endocrinas, bloqueo de producción de enzimas, reducción de tasa de crecimiento y retrasos en el proceso de reproducción.³⁵

Se ha demostrado la transferencia de MP a través de la ingesta de partículas del zooplancton marino, hacia distintas redes alimentarias marinas. Esto se puede apreciar en estudios que demuestran la presencia de microplásticos en el mejillón y el cangrejo, especies que comúnmente se alimentan de algún tipo de plancton.³²

Otro factor a tener en cuenta es el hecho de que el PT en su proceso de intemperismo libera compuestos orgánicos volátiles que son comunes en las marcas olfativas que expiden las algas, lo que confunde a organismos que se alimentan de éstas, mismo comportamiento que se repite en especies de aves marinas quienes confunden la señal química aromática del plástico con la de sus presas.³²

- Seres Humanos

Los MP ya se están incorporando en la alimentación y su vida diaria, ya sea por medio de inhalación o ingestión. Estos PT tienen la peculiaridad de atraer y liberar sustancias

químicas, lo que lo convierte en una bomba de carácter tóxico.³⁶ Por medio de estudios realizados,³⁷ corroboran que estos MP representan un riesgo para al ser humano cuando pasa por la cadena alimenticia, por lo que puede provocar daños notorios a la salud, tales como: afección al sistema cardiovascular, renal, gastrointestinal, de reproducción y respiratorio.³⁷

1.4 Destino de los meso- y microplásticos

Los MEP y MP están presentes en playas, estuarios, aguas superficiales, sedimentos del fondo marino y lagos interiores. Conocer esta distribución permite determinar el alcance de la contaminación. La dispersión de estos residuos se ve influenciado por factores ambientales como vientos, corrientes marinas, oleaje o mareas.³⁸

Diversos estudios han evidenciado concentraciones de MP en distintas zonas, expuestas en la tabla 1, mostrando números preocupantes de contaminación por este residuo.

Tabla 1 Concentración de MP en diversos ambientes marinos.

Zona	Proporción de microplásticos (%)	Concentración de microplásticos en el agua
Noreste del Océano Atlántico	89 ¹	2.46 MP/m ³
Aguas polares árticas	95 ²	0-1.31 MP/m ³
Jade Bay, Mar del Norte Meridional	80 ²	Pellets: 1,770 MP/L Fibras: 650 MP/L
Costa Portuguesa	53 ¹	1,289 MP/m ² (en total)
Estuario del Yangtze y Mar Oriental de China	90 ¹	Estuario: 500-10,200 MP/m ³ Mar: 0.030-0.455 MP/m ³

*1: porcentaje con respecto al total de residuos plásticos; 2: porcentaje con respecto al total de muestras

Fuente:³⁸

Un factor importante a tomar en cuenta es la densidad de los PT, puesto que afecta su distribución en los cuerpos de agua. Existen plásticos que flotan en el agua producto de su baja densidad, los cuales están formados por polímeros como el polietileno (PE) y el

polipropileno (PP). Mientras que es común encontrar depositados en el fondo marino aquellos con una densidad mayor, compuestos por polímeros como el poliestireno (PS), poliamida (PA), cloruro de polivinilo (PVC) y tereftalato de polietileno (PET).⁵

1.5 Impacto de los meso- y microplásticos en el ecosistema

Sus efectos más preocupantes son la ingesta de MEP y MP por la fauna marina y su capacidad de absorber sustancias contaminantes presentes en el agua.

Algunas de las repercusiones que pueden ocasionar los PT en el mar son: la disminución de la biodiversidad en la fauna marina, los cuales pueden morir o lesionarse por la ingestión o enredos con este elemento; especies invasoras que llegan a otros hábitats al fijarse en fragmentos plásticos, lo cual puede ocasionar alteraciones en los ecosistemas; la acumulación de PT en el fondo marino, puede provocar asfixia en el lecho marino y también puede ser una gran dificultad para las actividades comerciales.³⁹

La gran acumulación de PT en zonas intermareales puede perturbar procesos como la oscilación de la temperatura y otros procesos físicos y químicos que pueden alterar los patrones de alimentación y forma de vida de las especies bentónicas. De la misma forma, en zonas costeras altera las propiedades de los sedimentos de las playas, lo que puede ocasionar que disminuya la absorción del calor o aumente su permeabilidad; y en consecuencia afectar también a aquellos organismos que viven en estos sedimentos.³⁹

1.5.1 Ingestión de meso- y microplásticos por la vida marina

Los MEP y MP, debido a su tamaño y presencia casi en su totalidad en los océanos, son ingeridos de forma indirecta por la fauna marina, esto puede ocurrir por dos razones principales: al ser fácilmente confundidos con plancton debido a su coloración, o por parte de ciertas especies marinas como los bivalvos, esponjas, gusanos, etc., quienes se alimentan separando partículas del fondo marino.⁹

Cuando las especies marinas ingieren MEP y MP, pueden verse afectados de forma física, al ocurrir la unión del polímero a superficies externas, lo que dificulta su movimiento, de igual forma estas partículas pueden obstruir su tracto digestivo y reducir su fertilidad; también pueden presentar efectos químicos, como el estrés hepático, inflamación y la disminución del crecimiento.⁴⁰

1.5.2 Capacidad de absorber contaminantes

Los MP tienen una gran capacidad de absorción por lo que pueden funcionar como transportadores de contaminantes orgánicos por todo el medio marino, se ha podido comprobar que los MP pueden absorber distintos tipos de hidrocarburos, compuestos orgánicos persistentes, plaguicidas, químicos disruptores endocrinos, entre otros; así como también ciertos metales pesados como el cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn), hierro (Fe), manganeso (Mn), etc.⁴⁰

Estas sustancias pueden trasladarse por el océano e ir contaminando otros ecosistemas, así como también puede ser ingerido creando así una cadena de contaminación por medio de especies llegando incluso al ser humano.

1.6 Presencia de meso- y microplásticos en las costas ecuatorianas

Es evidente que, en zonas cercanas al mar como las playas, puertos y demás, habrá una gran cantidad de MEP y MP, los cuales serán llevados allí arrastrados por el oleaje o pueden encontrarse centros urbanos muy cercanos a la zona costera lo que incide en un mayor grado de contaminación del sector y de las aguas que allí desembocan.

En el pasado el Organismo Internacional de Energía Atómica, ya había llevado algunas investigaciones sobre los plásticos en costas ecuatorianas, pero ninguna a largo plazo, si no hasta el 2020, con el apoyo del Instituto Nacional de Pesca del Ecuador y la ESPOL, se realizó un artículo acerca de la contaminación marina en las playas del Ecuador, el cual determinó que los desechos marinos antropogénicos (AMD) encontrados, son causados por el turismo, especialmente en las zonas costeras turísticas del norte.⁴¹

1.7 Legislación relacionada con los meso- y microplásticos

Actualmente en el Ecuador no se cuenta con alguna normativa relacionada con los MEP y MP, sin embargo, existen ciertos tratados, acuerdos y legislaciones para la disposición final de residuos sólidos, entre los que se encuentran los plásticos. Existen convenios tales como “Amigos del Océano”, donde el objetivo es trabajar de forma conjunta para (investigar, reducir y prevenir la contaminación del océano por plásticos).⁴²

1.7.1 Nivel Nacional

El Ecuador dentro de su constitución establece principios ambientales para la conservación del medio ambiente al igual que medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan alterar los ecosistemas. De igual manera se cuenta con el Código Orgánico Ambiental, el cual se encarga de aplicar normas para una adecuada gestión ambiental dentro del país.

Las políticas para la gestión de plásticos en la República del Ecuador, en el art 8 del Acuerdo Ministerial N° 19, especifica que: “el sector industrial de materiales plásticos, debe realizar análisis, evaluaciones de los impactos ambientales que pueda ocasionar y establecer mejoras a través de la determinación de problemas potenciales asociados en la entrada y salida de los productos finales”. Mientras que en el título IV, art 18 de dicho acuerdo, aclara que los sitios de disposición final deben ser controlados y que no deben sobrecargarse de productos plásticos.⁴³

Además de esto, el Ecuador se encuentra suscrito a varios convenios internacionales ambientales entre los que destacan: El convenio de Estocolmo, la Convención Ramsar, El Programa de Áreas Importantes para la Conservación de Aves, entre otros.⁴⁴

1.7.2 Nivel Internacional

Existen diferentes convenios alrededor del mundo que tratan sobre la prevención y reducción de plásticos arrojados al mar, pero entre los más destacables se encuentran los siguientes:

- El Programa del Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP), a través de la Resolución 4/6: Marine Plastics debris and microplastics, dedicado al estudio sobre residuos plásticos marinos y microplásticos, el cual ofrece posibles medidas para prevenir la acumulación y minimizar el nivel de MP en el medio marino.⁴⁵ Mientras que la Unión Europea (UE), está realizando aproximaciones que son dirigidas al riesgo medioambiental, mientras que a la salud y al consumismo, se le está dando menos prioridad de la que debería darse.²⁸
- El Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL), el cual establece regulaciones y protocolos para la “Prevención de la contaminación por residuos de los buques”. Este protocolo fue adoptado por la Organización Marítima Internacional (OMI) en 1978.¹²

- El Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de residuos, también conocido como “La Convención de Londres”,⁴⁶ fue una de las primeras convenciones mundiales dedicadas a proteger el medioambiente marino de las actividades humanas, mediante un conjunto de medidas creadas para la prevención de la contaminación del mar a través del vertimiento de residuos y otros materiales. Este convenio entró en vigor en el año 1975.

1.7.2.1 Normativa sobre contaminación por microplásticos y relevancia para los residuos sólidos

La Unión Europea en 2018,⁴⁷ propuso una ley para prohibir el uso de microplásticos en cosméticos (cuidado personal), detergentes (productos de limpieza).

De igual manera, en 8 países se han implementado restricciones legales para prohibir el uso de microesferas, estas regulaciones limitan su uso, tanto en productos regulados, de importación, exportación y fabricación. Países como Brasil han propuesto la prohibición de las microesferas en todo el país. Se han recomendado perlas de jojoba, semillas de albaricoque y cáscaras de nuez en polvo como alternativas a las microperlas de plástico.⁴⁸

Para reducir el uso de plásticos de un solo uso, veintisiete países impusieron la prohibición del uso de plásticos de un solo uso en diferentes productos (p. ej., envases, platos, pajitas) y de tipos específicos (p. ej., poliestireno).⁴⁸

1.8 Métodos de identificación y caracterización

1.8.1 Microscopía óptica

En la identificación mediante microscopía óptica se emplea un estereomicroscopio de luz visible para observar las muestras. Es la técnica más común para la identificación de MEP, ya que permite identificar fragmentos y microesferas, así como los patrones que muestran los polímeros a estudiar por lo que facilita su clasificación según sus características físicas.

Sin embargo, a veces es necesario utilizar otro tipo de técnicas, como la tinción de microplásticos con pigmentos como el Rojo de Nilo o el Rosa Bengál y, la iluminación con luz UV. Mediante la tinción los MP adquieren color o fluorescencia lo que los permite detectar mediante el uso de luz UV y diferenciarlos de materia orgánica o mineral.⁴⁹

Para objetos de mayor complejidad como es el caso de las fibras, se usan técnicas y análisis basados en el uso de microscopios. Este tipo de análisis se utiliza para partículas de tamaño menor a cien micras, sin color o forma típica, los cuales suelen ser difíciles de caracterizar.⁵⁰

1.8.2 Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR)

La espectroscopía FTIR “se basa en la absorción de radiación electromagnética por parte de especies que presentan enlaces químicos covalentes para promover transiciones entre el estado fundamental y los estados excitados del nivel energético vibracional”.⁵¹

El análisis cualitativo realizado en la espectroscopia FTIR se basa en la absorción de IR por parte de las moléculas plásticas a base de carbono, distinguiéndolas de las otras moléculas tanto orgánicas como inorgánicas obteniendo un espectro complejo.⁵² Se identifica la presencia de un número variable de bandas de absorción en función de la estructura molecular y la región espectral en la que se encuentre. En este análisis se pueden utilizar muestras en estado sólido, líquido o gaseoso; por lo que resulta ser una técnica aplicable en muchos campos, además de poseer las ventajas de ser rápida, sencilla y económica.⁵³

Adicional a lo anterior mencionado, este análisis instrumental permite identificar polímeros y aditivos, por lo que puede ser utilizado en la industria plástica para analizar la conformación de los plásticos, las interacciones entre sus componentes, el grado de cristalinidad, entre otros.⁵⁴

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de carácter descriptivo/cuantitativo en el cual se detallan contenidos técnicos para identificar y caracterizar el tipo de partículas plásticas presentes en las playas, mediante FTIR y Microscopía Óptica, respectivamente; el cual se los realizó en los laboratorios de Toxicología Ambiental de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala; con el respaldo del laboratorio de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.

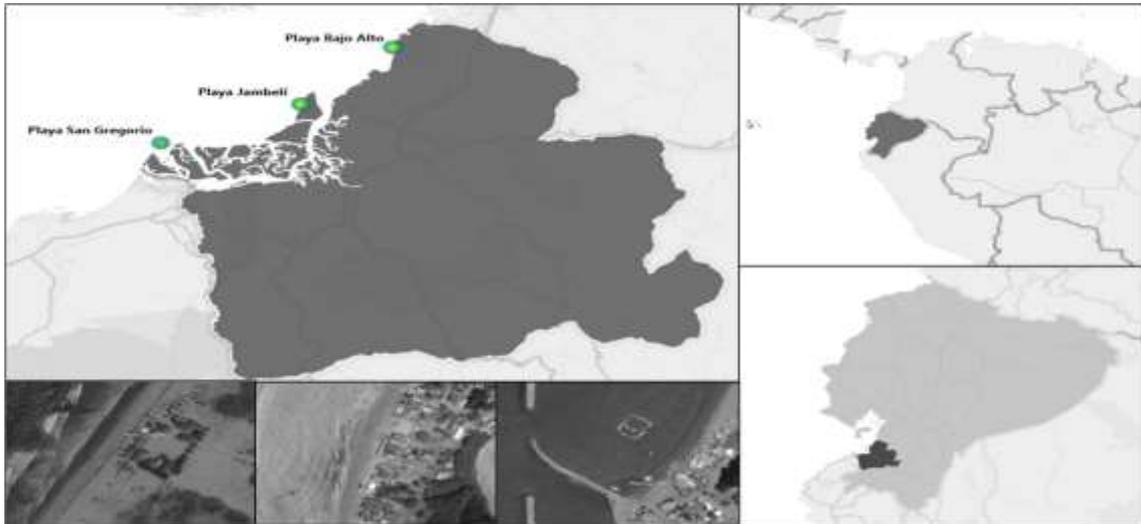
2.2 Ubicación del Área de Estudio

Para la realización de esta investigación, el área de estudio escogida fueron las costas de la provincia de El Oro - Ecuador.

La provincia de El Oro está ubicada al extremo sur occidental del Ecuador. Sus coordenadas geográficas proporcionadas por la Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro (GADPEO)⁵⁵ son: 3°02' y 3°53' de latitud norte y, 80°20' y 79°21' de latitud oeste; latitud 9°570.500N 9°661.000 S y longitud 576.000E, 682.000W. Su superficie es de 5.791,85 km²; limita al extremo norte con las provincias de Guayas y Azuay, al extremo sur con la provincia de Loja y Perú, por el extremo este con las provincias de Azuay y Loja y, al oeste con Perú y el Océano Pacífico.⁵⁶

En la figura 6, en base a Map chart – Excel, se muestra la localización de las 3 playas turísticas de la provincia de El Oro – Ecuador, ubicado dentro del continente Suramericano; seleccionadas como objeto de estudio.

Figura 6: Localización Costas: Ecuador, Provincia de El Oro, playas turísticas de la provincia.



Fuente: Elaboración propia.

2.3 Población de Estudio

Se evaluaron tres playas turísticas a lo largo de las costas de la provincia de El Oro (figura 7), Playa de la Isla Jambelí ($3^{\circ}14'33''$ S, $80^{\circ}02'56''$ W), Playa Bajo Alto ($3^{\circ}06'17''$ S, $79^{\circ}54'03''$ W) y Playa San Gregorio ($3^{\circ}15'31.4''$ S, $79^{\circ}56'3.4''$ W).

Figura 7: Playas de Estudio: a. Isla Jambelí, b. Playa Bajo Alto, c. Isla San Gregorio.



Fuente: Google Earth Pro.

2.4 Materiales, Equipos y Reactivos

2.4.1 Materiales

- Aislante térmico (parrilla)
- Bandejas de plástico

- Cinta métrica
- Cinta scotch
- Cuerda o soga de 5 metros
- Embudos de vidrio
- Espátulas o paletas pequeñas
- Etiquetas rotuladoras
- Frascos plásticos de 250 ml
- Guantes descartables
- Marcador permanente para rotular
- Marco de madera portátil de 50 x 50 cm
- Matraz aforado de 1 L.
- Microfiltro de nitrato celulosa (0.45 μm de poro y 47 mm de diámetro)
- Papel filtro
- Pinzas de disección de acero inoxidable
- Pinzas de sujeción de acero inoxidable
- Pipeta de 10 ml
- Placas Petri de polietileno
- Tamiz de acero inoxidable (1 mm y 5 mm de diámetro de poro)
- Termómetro.
- Varillas de vidrio
- Vasos de precipitados de 250 ml, 600 ml y 1000 ml.

2.4.2 Equipos

- Balanza analítica (ADAM. Modelo:PW254)
- Bomba de vacío (GAST. Serie: POA-P708-AA)
- Espectrómetro FTIR (Thermo Scientific, Modelo: iS5)
- Estereomicroscopio Binocular (LABOMED. Modelo: CZM6)
- Estufa eléctrica
- Microscopio óptico (LW Scientific. Modelo: Mi-4)

2.4.3 Reactivos

- Agua destilada
- Cloruro de Sodio (99%)
- Peróxido de hidrógeno (30%)

2.5 Muestra

2.5.1 Toma de Muestra

La toma de muestra de meso- y microplásticos se la realizó en época de verano (abril y mayo del 2022), en tres playas turísticas de la provincia de El Oro al sur de Ecuador, se lo realizó adoptando el protocolo de Besley et al.,⁵⁷ recolectando 5 muestras dentro de un intervalo de 20 m, a lo largo de 100 m en paralelo a la línea de pleamar durante la marea baja, en cada una de las playas como se muestra en la figura 8.

Figura 8: Puntos de recolección de muestras en las playas turísticas de El Oro



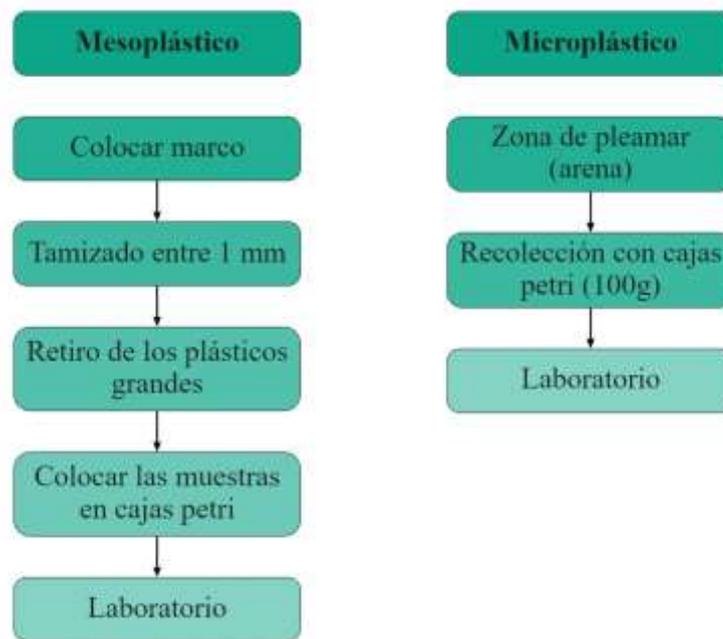
Fuente: Google Earth Pro

El proceso de muestreo de los mesoplásticos y microplásticos se muestra en la figura 9, donde se detalla el procedimiento que se desarrolló.

En la recolección de muestra de los mesoplásticos, se inició con la recolección de las muestras en la línea de pleamar,⁵⁸ en un área de (50 x 50 cm) a 2 cm de profundidad desde la superficie, para luego pasar la muestra por un tamiz de 1mm, suspendiéndola en un recipiente con agua de mar, donde por factor de densidad se separan de las partículas de arena u otros materiales. Una vez filtrado, secado y colocado en cajas petri, se les realizó los análisis de clasificación y cuantificación de los MEP encontrados.

En el caso de los microplásticos, manteniéndose en la línea de pleamar y en el intervalo delimitado para cada punto de muestra, se escoge una cantidad considerable de arena de playa, aproximadamente 100 g., llenando el interior de una caja petri; la muestra es procesada en el laboratorio.

Figura 9: Diagrama del proceso de toma de muestra



Fuente: Elaboración propia.

2.6 MÉTODO: Técnicas de identificación y caracterización

2.6.1 Mesoplásticos

2.6.1.1 Recuento de mesoplásticos

Diferentes autores como Ryan et al. 2018; Bancin et al. 2019,^{59,60} clasifican los MEP por tipo de plástico identificable: plástico duro, film/laminas, pellets, esponjas, goma espuma, fibras/filamentos y velcro; y a su vez por color diferenciadores: translucido, negro, blanco, azul, rojo, verde, multicolor y otros. Una vez clasificados los MEP según su tipo y color son registrados en una planilla de datos (Figura 10), las muestras son etiquetadas y guardadas en cajas petri, para su posterior análisis.

Figura 10: Planilla de Recuento de Mesoplásticos

PLANILLA DE DATOS
MUESTREO DE ARENAS DE PLAYAS PARA LA DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS

Playa: Provincia:

Cantón:

Fecha: Hora:

Estado de marea. Horas de pleamar:

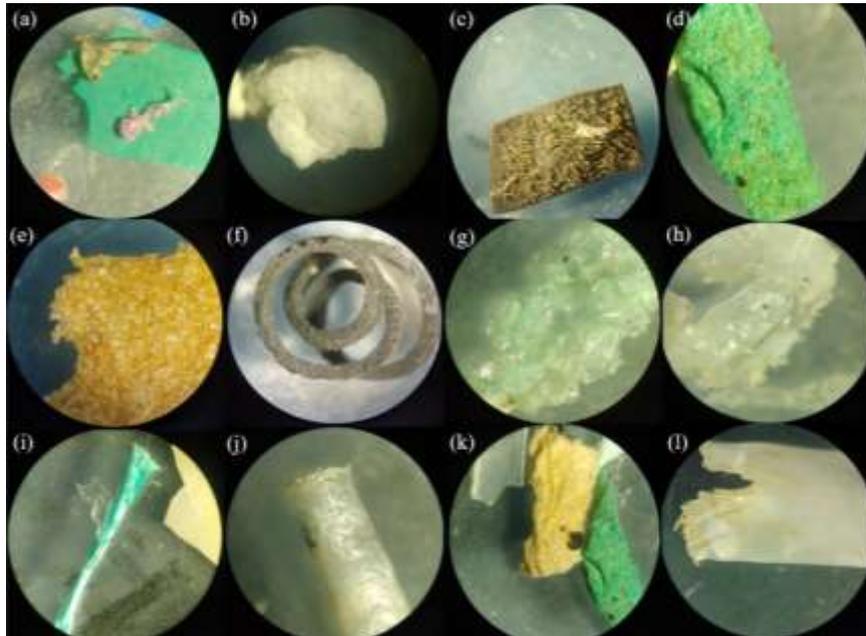
Muestra N°		Descripción de la muestra								
		Cantidad								
		Transparente	Negro	Azul	Blanco	Rojo	Verde	Multicolor	Otros	Total
Tipo	Esponjas									
	Fibras/Filamentos									
	Film/Láminas									
	Plástico duro/Fragmentos									
	Goma Espuma									
	Velcro									
	Pellets									
Total										

Fuente: Elaboración propia.

2.6.1.2 Microscopía Óptica

Con ayuda de una guía para la identificación de plásticos por microscopía óptica,⁶¹ se procedió a identificar los plásticos de los no plásticos (materia orgánica), mediante el uso de estereomicroscopio CZM6 con un objetivo de 2x; se determinó el tipo de plástico al que pertenecía cada MEP y se lo dividió en categorías (fibras, film/láminas, plástico duro, velcro, pellets, goma espuma, esponjas). En la figura 11 se observa algunos de los MEP más comunes encontrados en las muestras tomadas de las tres playas turísticas de la provincia de El Oro.

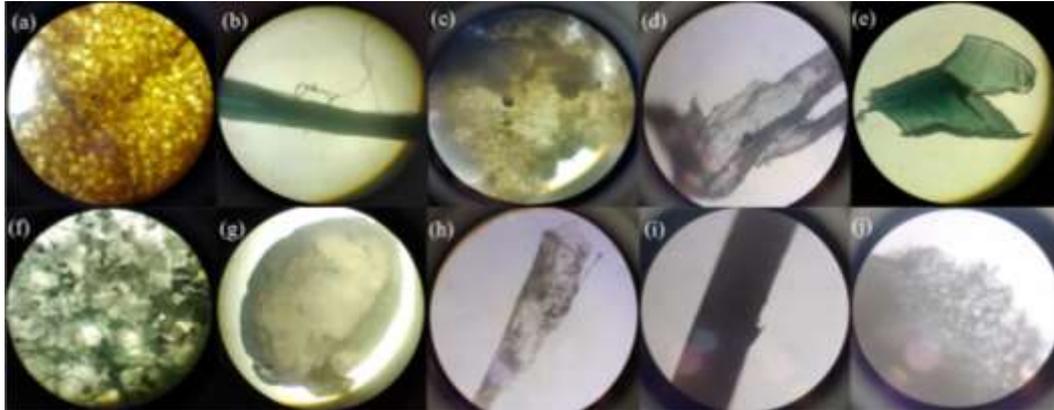
Figura 11: MEP por Estereomicroscopio: a. plástico duro, b. foam, c. velcro, d. plástico duro, e. esponja, f. goma, g. esponja, h. film, i. fibras, j. film, k. plástico duro, l. film.



Fuente: Elaboración propia

Algunos MEP fueron procesados bajo un microscopio óptico Mi-4, utilizando un objetivo de 4x y 10x. Para evitar la contaminación se establecieron espacios entre las muestras, para poder ser analizadas de mejor forma, donde cada uno de los MEP se dividieron en las categorías ya mencionadas.⁶² En la figura 12 se observa algunos de los MEP analizados, entre los cuales se repiten algunos que ya fueron analizados por estereomicroscopio como es el caso de las esponjas, esto se realizó con el objetivo de tener una mayor apreciación de dicha muestra.

Figura 12: MEP por microscopio óptico: a. esponjas, b. fibra, c. esponja, d. film, e. plástico duro, f. esponja, g. pellets, h. film, i. goma, j. foam.



Fuente: Elaboración Propia

2.6.1.3 Estimación de la concentración de MEP

Los cálculos para la estimar la concentración de MEP en relación al área muestral, en las playas, se lo calcula mediante la ecuación (1).⁶³

$$C = \frac{\sum n}{A} \quad (1)$$

Donde:

C: concentración de fragmentos MEP (ítems/m²)

n: son el número de fragmentos observados

A: el área muestreada (m²)

2.6.2 Microplásticos

2.6.2.1 Preparación de la muestra

Se realizó una separación por densidad siguiendo el método propuesto por Besley et al. 2017.⁵⁷ Se preparó una disolución salina saturada, en donde se disuelven 359 g de NaCl al 99% de pureza por cada litro de agua potable. La mezcla se agitó hasta la completa disolución de esta sal, se filtró mediante papel filtro para eliminar impurezas sólidas y se dejó reposar.

Las muestras recolectadas en cajas petri son vertidas en vasos de precipitación de 600 ml, al cual se le adiciona la solución de NaCl saturada y se agitada por 15 min, para que el

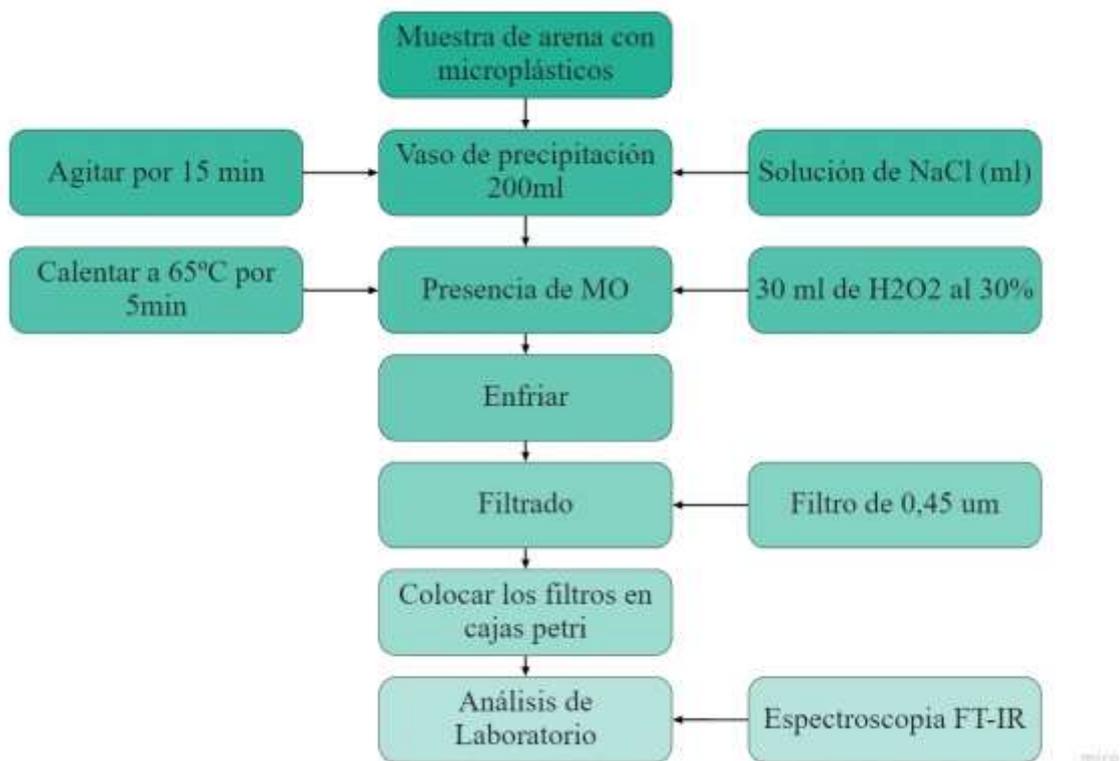
microplástico flote por medio de densidades, luego se deja reposar a temperatura ambiente por un tiempo de 24 horas.

Como la muestra presentaba materia orgánica (MO), se utilizó el método de digestión recomendado por la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA),⁶⁴ en el cual se añade a la solución 30 ml de H₂O₂ al 30% a temperatura de 65°C por 5 min. Estudios como el de Lepper y Fischer 2021,⁶⁵ demuestran la efectividad del peróxido de hidrógeno para eliminar la materia orgánica y que no presentan alteraciones significativas en las muestras a analizar.

Luego de su enfriamiento se le realizó un filtrado al vacío, para este proceso se tomó en cuenta parcialmente el método descrito por Torrez et al. 2021,⁶⁶ utilizando un embudo büchner de 47 mm y un kitasato de 1 litro, además de un filtro de nitrocelulosa de 0,45 μ m de porosidad. Una vez culminado el proceso de filtrado la membrana de nitrocelulosa es colocada en una caja Petri y sellada, esto para que no sufra contaminación y poder realizar el posterior análisis FTIR.

La figura 13 describe de forma resumida los pasos a seguir para la preparación de las muestras previo a sus análisis.

Figura 13: Diagrama del proceso de separación entre arena y plástico.



Fuente: Elaboración Propia.

2.6.2.2 Caracterización de microplásticos por espectroscopia FTIR-ATR

El método FTIR es uno de los más utilizados para la caracterización de la composición polimérica de microplásticos debido a que es muy eficiente, muy fiable, muy fácil de usar y de bajo costo. Las muestras obtenidas de MP con rango de partícula de 5 mm a 100 µm, son colocadas en el FTIR con reflectancia total atenuada (ATR), el accesorio nos permite obtener el espectro infrarrojo (IR), para ello la muestra es presionada contra el cristal y expuestas a radiación (IR) y el espectro resultante va a una matriz de plano focal FPA donde es comparado con espectros IR de polímeros conocidos.^{67,68} Sin embargo, esta técnica presenta dificultades en su análisis con muestras de MP que contengan superficies degradadas o contaminadas, también si estos contienen aditivos, ácidos grasos, celulosas y demás impurezas.⁶⁹

Mediante el espectro IR obtenido, se pudo determinar el tipo de polímeros presentes en cada una de las muestras, esto con la ayuda de información documentada mediante la comparativa de espectros para su identificación y de la base de datos que cuenta el equipo. (Anexo 1).

Figura 14: Equipo de Espectroscopía FTIR-ATR



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Identificación morfológica en Mesoplásticos

Los resultados obtenidos permiten establecer la presencia de mesoplásticos, los cuales son clasificados por su color, forma y cantidad por área. Donde tanto color y forma nos ayudan a descifrar posibles fuentes de MEP. Además, el color de los MEP podría relacionarse con la composición del plástico, el grado de erosión, tamaño y potencial de ingestión por la biota marina.⁷⁰

Se realizaron 5 tomas de muestras en cada playa en la zona de pleamar, dando un total de 15 muestras analizadas, de las cuales se identificaron un total de 672 ítems de MEP.

En las playas de la provincia de El Oro se identificaron 7 fragmentos diferentes de MEP, siendo estas esponjas, fibras/filamentos, film/láminas, plástico duro/ fragmentos, gomas espuma, velcro y pellets. Del mismo modo se realizó una separación por color de MEP encontrado, tales como traslúcido, negro, azul, blanco, rojo, verde, multicolor y otros.

3.1.1 Clasificación por forma

Luego del reconocimiento del mesoplásticos obtenidos en cada muestra recogida en las playas turísticas de Jambelí, Bajo Alto y San Gregorio, se procedió a clasificarlos por el tipo de partícula encontrada, el resultado total de cada playa, tal como se describe en la tabla 2.

En la playa de Jambelí se registró que el MEP predominante era el plástico duro/ fragmentos con 272 ítems, seguido de film/laminas con 43 ítems, filamentos o fibras con 11 ítems, esponjas con 4 ítems y goma espuma con 3 ítems, no se encontraron fragmentos de pellets y velcro en las muestras analizadas.

Mientras que, en la playa de Bajo Alto se registraron valores representativos de MEP en partículas de film/lamina con un total de 134 ítems, seguido de plástico duro/ fragmentos con 51 ítems, fibras/filamentos con 20 ítems, goma espuma con 5 ítems y esponjas con 1 ítems, nuevamente no se registró fragmentos de velcro y pellets.

Por su parte, en la playa de San Gregorio se registró un MEP predominante de tipo plástico duro/fragmentos con 108 ítems, al cual le sigue fibras/filamentos con 6 ítems,

esponjas con 5 ítems, film/laminas con 3 ítems, por último, goma espuma, velcro y pellets con 2 ítems cada uno.

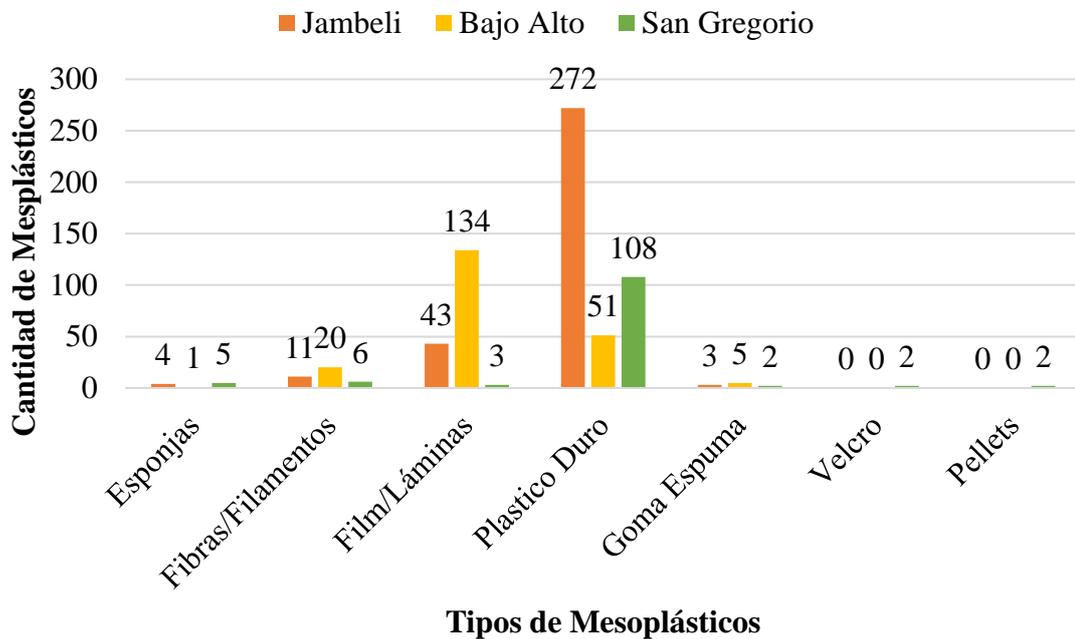
Tabla 2: Clasificación por Forma de los MEP obtenidos

	Muestra Total	Lugar de Muestra		
		Jambelí	Bajo Alto	San Gregorio
Tipo de Plástico	Esponjas	4	1	5
	Fibras/Filamentos	11	20	6
	Film/Láminas	43	134	3
	Plástico Duro/ Fragmentos	272	51	108
	Goma Espuma	3	5	2
	Velcro	0	0	2
	Pellets	0	0	2
	Total	333	211	128

Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 se puede apreciar que el material predominante en la playa de Jambelí y San Gregorio es el plástico duro/fragmentos con 272 y 108 ítems, representado el 81.7% y el 84.4% respectivamente; mientras que en la playa de Bajo Alto el plástico más representativo es el film/lámina con 134 ítems siendo el 63.5% del total de la muestra seguido del plástico duro un 24.2%.

Figura 15: Resultados por tipo de MEP encontrado en las 3 playas de la provincia de El Oro



Fuente: Elaboración propia

La predominancia de estos dos elementos como lo son el plástico duro/fragmentos y los films/láminas concuerdan con investigaciones realizadas en playas de China⁶², en Corea²⁵ fue el plástico duro y la espuma de polietileno comprendiendo un 32% y 48,5 %, respectivamente. En Sudáfrica⁵⁹ el plástico que predominaba eran los pellets, pero los fragmentos plásticos constituían una mayor proporción. Por su parte en las playas de Brasil⁷¹ ocurre de forma similar donde los fragmentos son los predominantes, seguidos del film y en Ecuador, en zonas como el golfo de Guayaquil⁷² el plástico dominante son las fibras, seguido de fragmentos.

3.1.2 Clasificación por color

Se clasificaron los MEP por color y lugar de muestra, otorgando los resultados descritos en la tabla 3.

En la playa de Jambelí los colores de MEP más abundantes fueron blanco y azul con 82 y 73 ítems respectivamente, le siguen, traslúcido con 59 ítems, verde con 55 ítems, otros con 43 ítems, rojo con 23 ítems, negro con 6 ítems y multicolor con 2 ítems.

En la playa de Bajo Alto se registraron MEP de color azul con 65 ítems, blanco con 43 ítems, translúcido con 40 ítems, verde con 23 ítems, otros con 15 ítems, multicolor con 11 ítems, negro con 9 ítems y rojo con 5 ítems.

En la playa de San Gregorio se registró MEP de color azul con 42 ítems, verde con 26 ítems, otros con 17 ítems, translúcido y blanco con 15 ítems cada uno, rojo con 8 ítems y negro con 5 ítems.

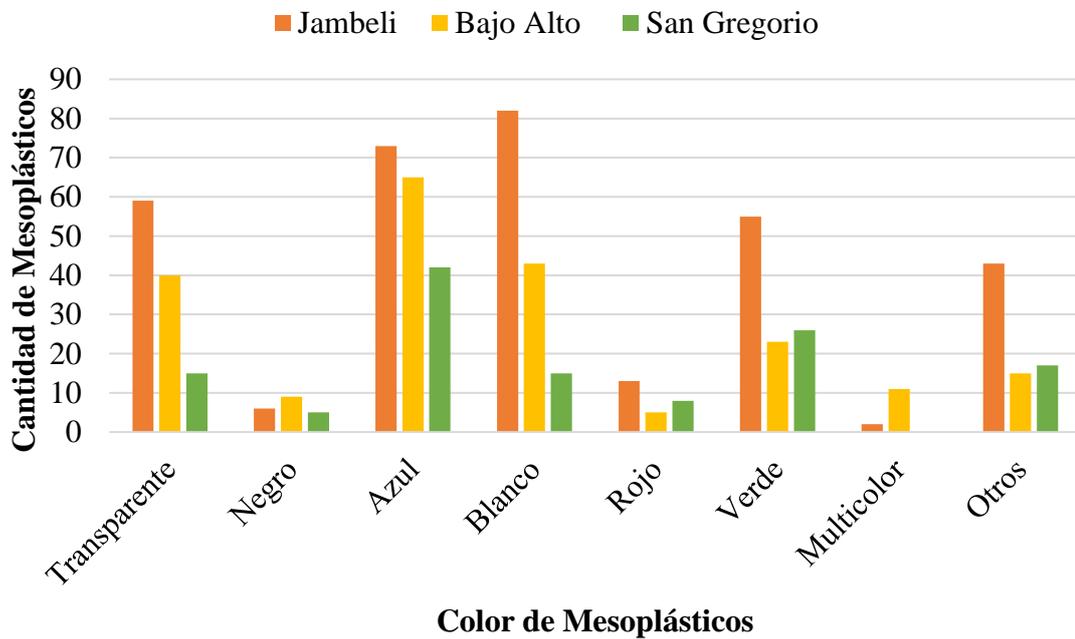
Tabla 3: Clasificación por color de los MEP obtenidos

	Muestra Total	Lugar de Muestra		
		Jambelí	Bajo Alto	San Gregorio
Color del Plástico	Translúcido	59	40	15
	Negro	6	9	5
	Azul	73	65	42
	Blanco	82	43	15
	Rojo	13	5	8
	Verde	55	23	26
	Multicolor	2	11	0
	Otros	43	15	17

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos y graficados en la figura 16 demostraron que en la playa Jambelí la mayoría de MEP obtenidos eran de color blanco con un 24.6% y azul con 21.9%; al igual que en la playa de Bajo Alto donde el azul representaba un 30.8% y el blanco un 20.4% del total de MEP encontrados; por último, en la isla San Gregorio la mayor parte de MEP eran de color azul con un 32.8% mientras que el blanco solo representaba un 11.7% del total. Los resultados se encuentran dentro de lo esperado, ya que los pellets más comunes para la fabricación de plástico son de color blanco.⁷³

Figura 16: Resultados por color de MEP encontrado en las 3 playas de la provincia de El Oro



Fuente: Elaboración propia

Investigaciones en diferentes playas muestran la presencia de polímeros de coloración similar en: playas de Taiwán⁶⁰, playas de Hawai⁷⁰, playas de la Islas Canarias⁷⁴, playas de Jalisco y Colima en México⁶⁶ y cercanas a nuestro país como la playa El Chorrillo, La Punta, Gaviotas, Cerrillos en Perú⁷⁵. Pero esta tendencia no solo está presente en las playas si no en el mar, como el mar de Jiaozhou en China.⁶²

Los datos obtenidos concuerdan con lo expresado en diferentes artículos, sobre la probabilidad de ingestión de estos por parte de la fauna marina, siendo el blanco y el azul, los principales encontrados en estómagos de peces y moluscos.⁷⁶⁻⁸¹

3.2 Caracterización Química de Microplásticos

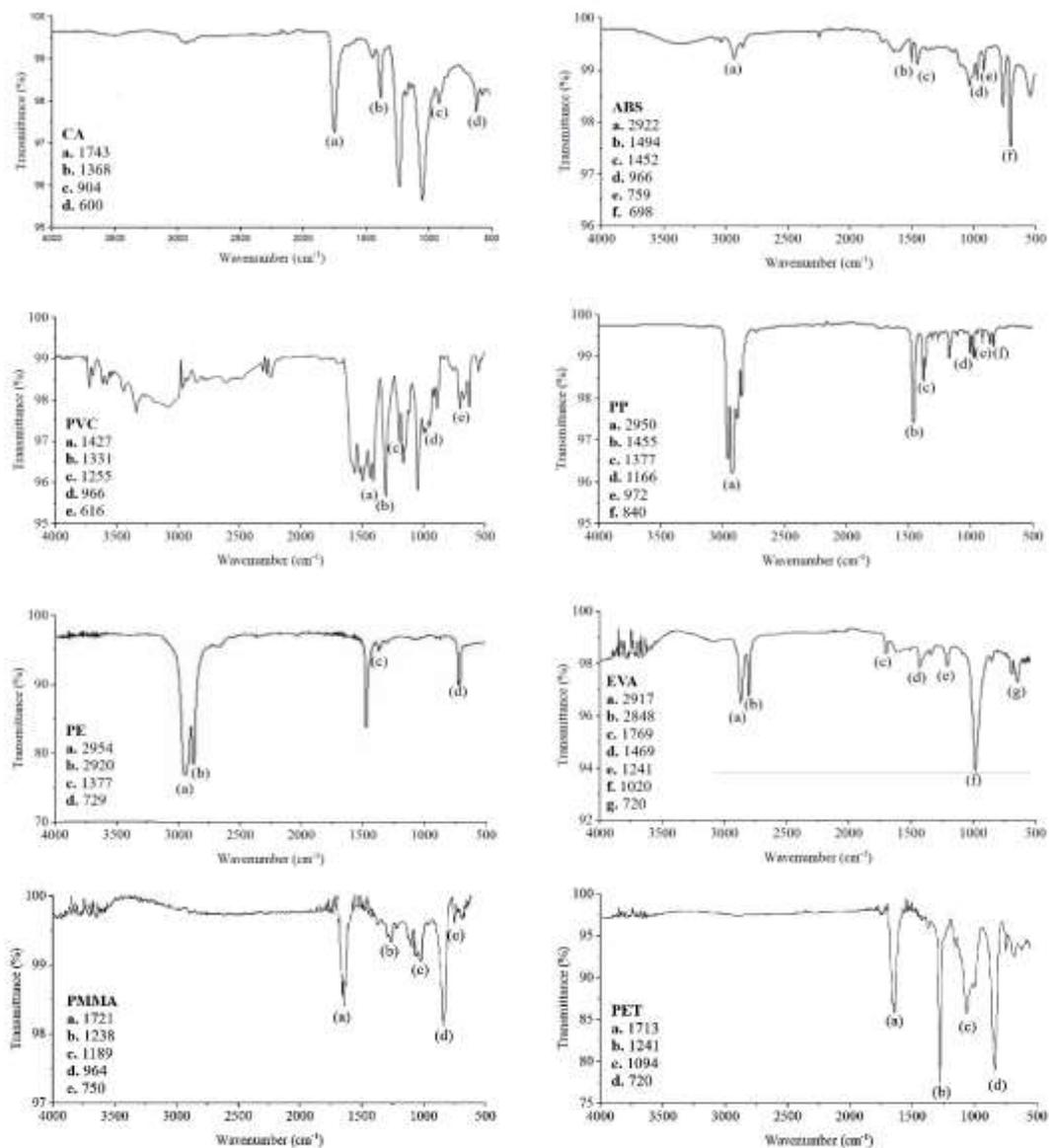
Los resultados obtenidos destacan la presencia de partículas microplásticos en todas las muestras de arena recolectadas. No existe un protocolo estandarizado para la caracterización de microplásticos en diferentes matrices marinas.⁸²

Utilizando el dispositivo FTIR-ATR se obtuvieron espectros complejos en cada una de las muestras, los cuales fueron caracterizados por su composición química, utilizando la

base de datos respaldada en el Anexo 16 que contiene los números de absorción cm^{-1} identificables de los polímeros más comunes.

Fueron seleccionadas las partículas a analizar de forma aleatoria, para cada muestra se realizaron dos lecturas con el FTIR, obteniendo un total de 30 espectros, de los cuales se identificaron 8 tipos diferentes de polímeros, como: acetato de celulosa (CA, #1), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS, #2), policloruro de vinilo (PVC, #3), polipropileno (PP, #4), polietileno (PE, #5), etileno acetato de vinilo (EVA, #6), polimetilmetacrilato (PMMA, #7) y polietileno tereftalato (PET, #8).

Figura 17: Espectros IR de polímeros encontrados



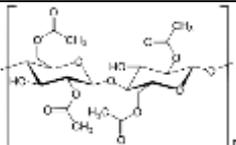
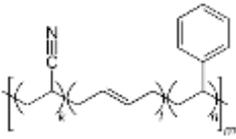
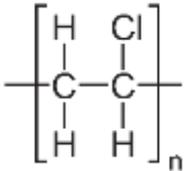
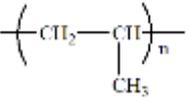
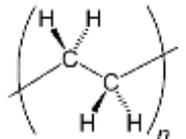
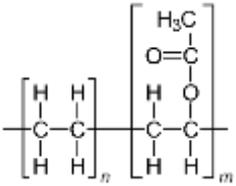
Fuente: Elaboración propia

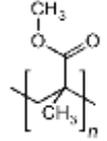
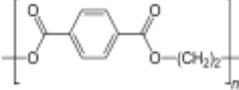
Finalizando el proceso de caracterización se procedió a diferenciar entre el tipo de microplásticos, obteniendo los resultados descritos en la tabla 4.

Las tres playas representaron un 63% (PET), un 13% (PMMA) y 3% registraron (AC, ABS, PVC, PP, PE, EVA) cada una. Un 6% de los espectros no fueron tomados ya que eran lecturas en blanco.

Las lecturas en blanco obtenidas pueden deberse a distintos factores, entre los cuales destacan los efectos del intemperismo al que son sometidas estas partículas en la naturaleza, lo que altera sus propiedades físicas y químicas y no refleja su composición en el espectro. Otros de los factores que impiden la lectura de un polímero, son las superficies irregulares y la adición de aditivos o colorantes utilizados en la fabricación de plásticos comerciales.²¹

Tabla 4: Listado de polímeros encontrados en los plásticos

Nº	Nombre del Polímero	Estructura Química	Picos referentes cm^{-1}	Grupo Funcional	Productos referentes
1	Acetato de Celulosa		1763 (a) 1301 (b) 877 (c) 617 (d)	C=O CH ₃ CH O-H	Fibras y textiles, marcos de anteojos, herramientas y telas absorbentes, etc.
2	Acrilonitrilo Butadieno estireno		1933 (a) 1481 (b) 1434 (c) 972 (d) 795 (e) 699 (f)	C-H Aromático CH CH ₂ =C-H CH; =CH Aromático CH	Teléfonos, cascos, paneles, pilares, tapicería, rejillas, carcasas para espejos
3	Policloruro de vinilo		1419 (a) 1325 (b) 1251 (c) 986 (d) 611 (e)	CH ₂ CH CH CH ₂ C-Cl	Mangueras, tuberías, cintas, tapicerías, baldosas, películas, impermeables, recubrimientos, etc.
4	Polipropileno		2933 (a) 1462 (b) 1374 (c) 1190 (d) 983 (e) 837 (f)	C-H CH ₂ CH ₃ CH: CH ₃ ; C-C CH ₃ ; CH CH ₂ ; C-C; C-CH	Plástico duro (vasos, recipientes, etc.)
5	Polietileno		2983 (a) 2864 (b) 1339 (c) 674 (d)	CH ₃ CH ₂ CH ₃ CH ₂	Bolsas, cables, hilos, tuberías, envases, pañales, láminas, etc.
6	Etileno acetato de vinilo		2899 (a) 2817 (b) 1712 (c) 1478 (d) 1220 (e) 991 (f) 733 (g)	C-H C-H C=O CH ₂ ; CH ₃ C(=O)O C-O CH ₂	Resina (calzado, caucho, juguetes) Goma, Espuma

N°	Nombre del Polímero	Estructura Química	Picos referentes cm^{-1}	Grupo Funcional	Productos referentes
7	Polimetilmetacrilato		1658 (a) 1276 (b) 841 (c) 785 (d)	C=O C-O C-H CH ₂ ; C=O	Acrílico (cajas, vitrinas, etc.) Nylon/Fibras (Fibra Óptica, hilos de pesca, etc.)
8	Poliétileno tereftalato		1763 (a) 1278 (b) 1057 (c) 751 (d)	C=O C-O C-O CH	Envases o botellas reciclables, textiles, film o películas, iluminación, etc.

Fuente: Elaboración propia

El polímero de mayor proporción fue el PET, las posibles razones se pueden deber al mayor uso en el envasado de alimentos, mayor tasa de producción y consumo global, su baja densidad lo que permiten que lleguen de los océanos a las playas y las actividades antropogénicas como el turismo y la pesca muy presentes en estas zonas.⁸³

El resultado obtenido en esta investigación, es muy similar con los reportados en los ciertos estudios de Estados Unidos⁸⁴, Brasil⁸⁵, China⁸⁶ y Tailandia⁸⁷. Sin embargo, la mayoría de investigaciones alrededor del mundo colocan al PE y PP como los más abundantes en las zonas costeras de cada región estudiada.^{83,88-90}

El motivo de esta diferencia puede deberse a la elección de MP al azar dentro de cada muestra, a la dificultad de análisis de ciertas muestras, ya que algunas muestras pueden contener otro tipos de materiales en su superficie, además de que algunas muestras presentaron una superficie irregular lo que obstaculiza su identificación.⁶⁷

3.3 Abundancia media de Mesoplásticos y Microplásticos

3.3.1 Relación por cantidad MEP

Los 672 ítems de MEP obtenidos refieren a los cinco diferentes puntos de muestra en una extensión de 100 m². En cada punto muestral el área de recolección fue de 0,25 m². Para estimar la concentración en ítem/ m² se lo realiza en base al área de la toma de muestra, denotadas en la tabla 5.

Tabla 5: Cantidades totales de los MEP encontrados

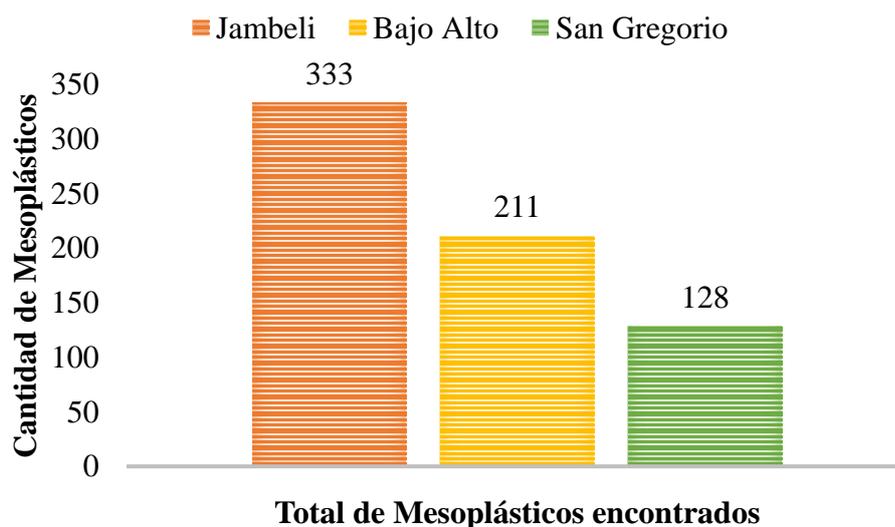
Clasificación por Cantidad				
Playa	N° de muestras	MEP ítem	MEP promedio	MEP ítem/ m ²
Jambelí	5	333	66,6	266,4

Clasificación por Cantidad				
Playa	N° de muestras	MEP ítem	MEP promedio	MEP ítem/ m ²
Bajo Alto	5	211	42,2	168,8
San Gregorio	5	128	25.6	102,4

Fuente: Elaboración propia

La playa con mayor presencia de MEP dentro de las tres estudiadas (Figura 18), es la playa de Jambelí con 333 MEP, le sigue la playa de Bajo Alto con 211 MEP y la playa de San Gregorio con 128 MEP totales, siendo esta última la que presenta menor concentración de MEP por área de recolección.

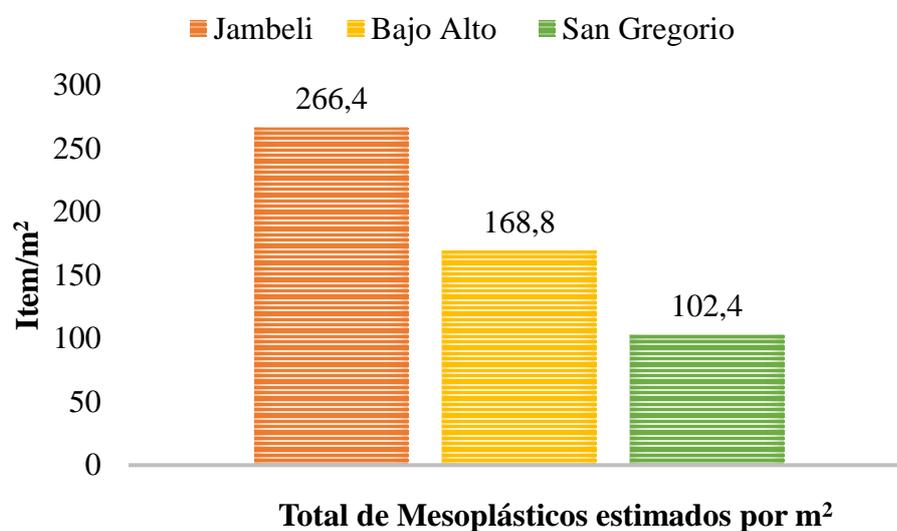
Figura 18: Resultados por cantidad total de MEP encontrados en las tres playas de la provincia de El Oro



Fuente: Elaboración propia

Mediante el promedio de MEP y la cantidad de partículas obtenidas se pudo determinar que: la playa de Jambelí mostró mayor cantidad de MEP por área, con un total de 266,4 ítems/ m², continuando con la playa de Bajo Alto con 168,8 ítems/ m², y la playa de San Gregorio con 102,4 ítems/m². Al hacer una relación con los valores obtenidos en cada playa podemos expresar que la abundancia media en las playas turísticas de la provincia de El Oro fue de 179,2 ítems/ m². En la figura 19 mediante un gráfico de barras se demuestra la relación por cantidad de cada playa.

Figura 19: Relación por cantidad de MEP de las tres diferentes playas de la provincia de El Oro



Fuente: Elaboración propia

Mediante investigación se determinó que no existen estudios relacionados con respecto a mesoplásticos en todo el país, por lo que se decide relacionar los resultados con artículos académicos que reporten las abundancias medias de MEP obtenidas. En las playas de España “Islas Canarias”⁷⁴ la abundancia media fue de 290 ítems/ m²; en las playas de Corea del Sur²⁵ se registró una abundancia promedio de 897.3 ítems/ m²; mientras que en playas de Sudáfrica⁵⁹ se obtuvo una abundancia media de 10000 ítems/ m². Podemos ubicar la abundancia promedio obtenida de las tres playas turísticas de la Provincia de El Oro con valores por debajo de los obtenidos en las playas de España “Islas Canarias”.

3.3.2 Relación por cantidad MP

Los 716 MP obtenidos se refieren a los cinco diferentes puntos de muestra en una extensión de 100 m². En cada punto muestral el área de recolección para los MP fue de 0,0625 m², es decir, un cuarto de la zona utilizada para la toma de muestra de MEP. Para estimar la concentración en ítem/ m² se lo realiza en base al área de la toma de muestra.

Tabla 6: Cantidad totales de los MP encontrados

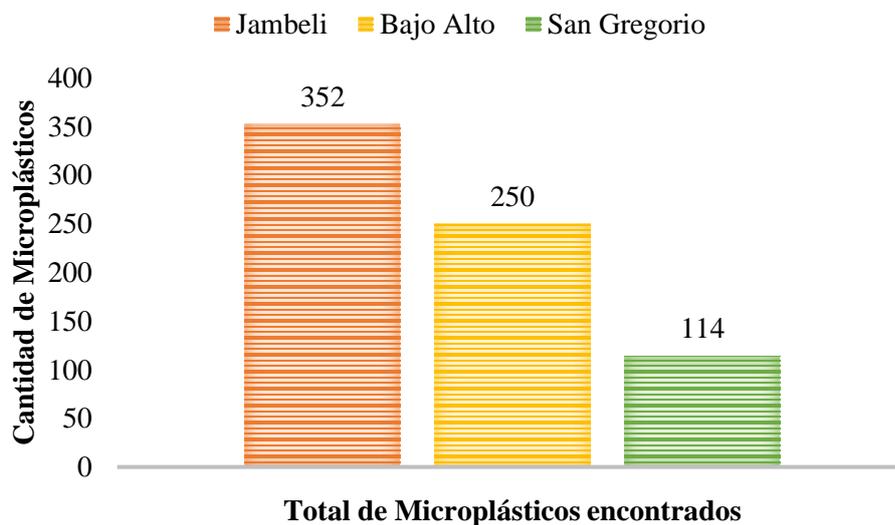
Clasificación por Cantidad				
Playa	N° de muestras	MP ítem	MP promedio	MP ítem/ m ²

Jambelí	5	352	70,4	1126,4
Bajo Alto	5	250	50	800
San Gregorio	5	114	22,8	364,8

Fuente: Elaboración propia

La playa con mayor presencia de MP dentro de las tres estudiadas (Figura 20), es la playa de Jambelí con 352 MP, le sigue la playa de Bajo Alto con 250 MP y la playa de San Gregorio con 114 MP totales, siendo esta última la que presenta menor concentración de MP por área de recolección.

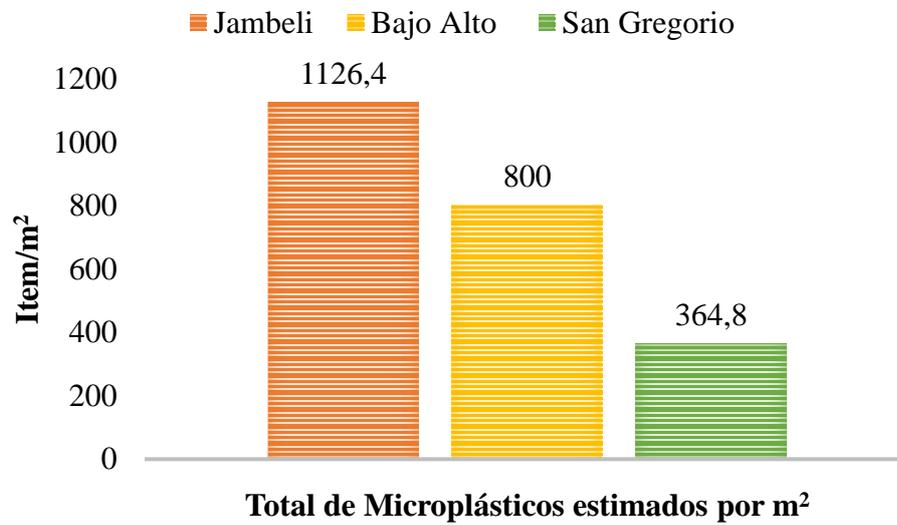
Figura 20: Resultados por cantidad total de MP encontrados en las tres playas de la provincia de El Oro



Fuente: Elaboración propia

Mediante el promedio del MP y la cantidad de partículas obtenidas se pudo determinar que: la playa de Jambelí mostró mayor cantidad de MP por área, con un total de 1126,4 ítems/m², continuando con la playa de Bajo Alto con 800 ítems/ m², y la playa de San Gregorio con 364,8 ítems/ m². Al hacer una relación con los valores obtenidos en cada playa podemos expresar que la abundancia media en las playas turísticas de la provincia de El Oro fue de 763,7 ítems/ m². En la figura 21 mediante un gráfico de barras se demuestra la relación por cantidad de cada playa.

Figura 21: Relación por cantidad de MP de las tres diferentes playas de la provincia de El Oro



Fuente: Elaboración propia

En el Ecuador existen muy pocos estudios sobre la ingesta de microplásticos, y menos aún sobre la presencia de estas partículas en zonas costeras y sedimentos. Por ello los resultados obtenidos serán comparados con artículos de investigación de distintos países que tengan una abundancia media similar a la obtenida. En las playas de España “Islas Canarias”⁷⁴ la abundancia resultante es de 559,2 ítems/ m²; en las playas de México⁹¹ es de 545,8 ítems/ m²; mientras que en las playas de Perú⁹² es de 1382 ítems/ m².

Se puede ubicar la abundancia promedio obtenida para MP de las tres playas turísticas de la Provincia de El Oro con valores significativos, ya que su presencia es mayor a la descrita en playas de España y México, pero por debajo del obtenido en playas de Perú.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- Se identificaron mesoplásticos en las playas turísticas de Jambelí, Bajo Alto y San Gregorio, ubicadas en la provincia de El Oro. Mediante la identificación por color y forma de las muestras recolectadas se determinó que el plástico duro/fragmentos fue la forma dominante, seguido del film/ láminas; mientras que los pellets y el velcro fueron los menos presentes en las áreas analizadas. Se deduce que los materiales que conforman las partículas predominantes son provenientes de fuentes terrestres locales que están relacionadas con el turismo y la pesca artesanal.

Aunque en las tres playas se realice el mismo tipo de actividad, existe una diferenciación de plástico predominante en la playa Bajo Alto, esto puede deberse a ser la única que se encuentra en el continente y su cercanía con la ciudad permitiendo el fácil acceso y la gran afluencia de personas.

Estudios sobre la contaminación en Bajo Alto deduce que los asentamientos poblacionales son la causa principal de residuos contaminantes encontrados en toda la costa de dicha playa. Evaluaciones realizadas indican que la calidad de la arena es muy baja, a pesar de que el volumen de plástico no es visible a la vista del turista⁹³

Por su parte los colores que predominaron fueron el blanco y el azul, los cuales concuerdan con el tipo de color más utilizado para la fabricación de plásticos de consumo global. A su vez concuerdan con el tipo de color que suelen ingerir los animales marinos al ser confundidos con su alimento.

- Para la caracterización de las muestras, se empleó el análisis FTIR-ATR, el cual confirmó la presencia de microplásticos en las muestras y reveló que su mayoría correspondía a tereftalato de polietileno (PET). Este tipo de polímero es ampliamente utilizado para productos de envasado y empaquetado, aunque también tiene otro tipo de aplicaciones en industrias textiles, electrónicas, automotrices, farmacéuticas, etc. Aunque el PET sea un material completamente reciclable, al ser el polímero predominante en las playas turísticas de El Oro demuestra la falta de concientización, cultura de reciclaje y limpieza realizada en estos lugares turísticos.
- La abundancia media de mesoplásticos en las playas turísticas de El Oro fue de 179,2 ítems/m², esto indica que las playas se encuentran contaminadas por plástico

degradado en un rango menor al compararse con otras zonas costeras de mayor amplitud alrededor del mundo. Sin embargo, no existe una escala específica que permita determinar el grado de contaminación presente en las áreas estudiadas. Esto se debe a los pocos estudios realizados en partículas mesoplásticas a lo largo de los años, dando mayor importancia a la macrobasura plástica y a los microplásticos.

La media de microplásticos fue de 763,7 ítems/ m², se infiere que los MP provienen de la degradación de los mesoplásticos, más que por la presencia de plásticos primarios y que su presencia es significativa al ser comparada con otras playas alrededor del mundo. Los estudios sobre microplásticos son varios, donde se refleja un incremento constante de estas partículas alojadas en arena o en la biota marina.

- Cabe recalcar que existieron muy pocas diferencias en los resultados en las tres playas estudiadas, a pesar de estar separadas por alrededor de 50 km entre cada una, y de cumplir distintas características, estando una de ellas en el continente y las otras dos siendo islas turísticas, esto puede asociarse a la fuente del que provienen las partículas plásticas y al tipo de actividades antropogénicas desarrolladas en estos sectores.⁷²
- La falta de políticas públicas, herramientas y estrategias para la sostenibilidad de las playas costeras del Ecuador conllevan a este tipo de resultados que impactan no solo en el turismo y en el paisaje, sino que crean un efecto negativo en el ecosistema de estas zonas y en las especies marinas que las habitan.

CAPÍTULO V

RECOMENDACIONES

- Para concentraciones de peróxido de hidrógeno mayores al 10% se considera una sustancia corrosiva por lo que se recomienda tener ciertas precauciones al momento de su uso; no agregar directamente en una sustancia caliente ya que puede provocar una reacción violenta,
- Utilizar los EPP, como, por ejemplo; gafas protectoras, guantes y mascarilla para evitar el contacto directo con la piel ya que puede provocar quemaduras o irritaciones ocular y respiratoria.
- El proceso de filtrado al vacío puede presentar ciertas desventajas, como la pérdida de material que puede traspasar el papel filtro, por lo que comúnmente se lo utiliza para partículas medianamente grandes. Se recomienda utilizar un equipo de filtrado con cuerpo de placa porosa donde se ubique el filtro de membrana junto con pinzas de sujeción, los cuales disminuyen la pérdida del material de interés; de igual manera si se utiliza un embudo büchner tradicional verificar que el diámetro del filtro de membrana sea proporcional al diámetro del embudo.
- Al momento de recoger las muestras se debe tener en cuenta la tabla de mareas y el horario de bajamar para evitar que el oleaje pueda interferir con el área de recolección. Se recomienda que el tipo de tamiz utilizado sea de entre 1 mm a 2 mm, aquellos con una abertura de malla menor no son aplicables, puesto que los granos de arena no se separarían de los MEP, de igual manera un tamiz con una abertura de malla mayor provocaría pérdidas en la muestra.
- En el proceso de preparación de MP, evitar que las muestras permanezcan más de 72 horas en la solución que contiene H_2O_2 ya que su coloración y composición química pueden verse afectadas.
- Es recomendable realizar un rebanado o pulido a las partículas microplásticas que presenten superficies irregulares ya que esto puede interferir en el proceso de identificación, ya que el ATR es capaz de detectar materiales que se encuentren en la superficie de la muestra.
- El presente estudio de investigación se basó en la identificación y caracterización de los meso- y microplásticos, sin embargo, con las muestras obtenidas y un proceso metodológico con ciertas variaciones se podría realizar un análisis

estadístico/cuantitativo lo que nos permitiría calcular con mayor exactitud el grado de contaminación que puede estar presente en las playas turísticas de El Oro.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Cole, M.; Lindeque, P.; Halsband, C.; Galloway, T. S. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar. Pollut. Bull.* **2011**, *62* (12), 2588-2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>.
- (2) Kim, Y.-N.; Yoon, J.-H.; Kim, K.-H. Microplastic contamination in soil environment – a review. *Soil Sci. Annu.* **2021**, *71* (4), 300-308. <https://doi.org/10.37501/soilsa/131646>.
- (3) García Viso, J. Estudio de la contaminación por microplásticos mediante análisis de imagen, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, 2017.
- (4) OCDE. *La contaminación por plástico crece sin cesar, en tanto que la gestión de residuos y el reciclaje se quedan cortos, dice la OCDE*. Organización para la cooperación y el desarrollo económicos. <https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/perspectivas-globales-del-plastico.htm#:~:text=La producción mundial de plástico se duplicó de 2000 a,sumó 353 millones de toneladas>.
- (5) Thushari, G. G. N.; Senevirathna, J. D. M. Plastic pollution in the marine environment. *Heliyon* **2020**, *6* (8), e04709. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04709>.
- (6) Wayman, C.; Niemann, H. The fate of plastic in the ocean environment-a minireview. *Environ. Sci. Process. Impacts* **2021**, *23* (2), 198-212. <https://doi.org/10.1039/d0em00446d>.
- (7) Plastics Europe. *Plastics the fact 2021*; 2021.
- (8) Bourguignon, D. Single-use plastics and fishing gear. **2019**, 12.
- (9) Lusher, A.; Hollman, P.; Mandoza-Hill, J. Microplastics in fisheries and aquaculture. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. FAO Fisheries and Aquaculture Technica: Roma, Italia. julio 2017, pp 1-93.
- (10) FAO. PESCA Y ACUICULTURA ¿Qué sabemos?, ¿Deberíamos preocuparnos? *Food Agric. Organ.* **2017**, *615*, 2-12.
- (11) Tekman, M. B.; Walther, B. A.; Peter, C.; Gutow, L.; Bergmann, M. Impacto de la contaminación por plásticos en los océanos sobre las especies, la biodiversidad y los ecosistemas marinos. *WWF, Ger.* **2022**, 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.5898684>.
- (12) Bacusoy Barcia, D.; Vera Lino, S. G.; Sisalima Moreno, J. K.; Lucio Villacreses, L. F. EL CONTAMINACION POR DESECHOS EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE JIPIJAPA. *UNESUM-Ciencias. Rev. Científica Multidiscip. ISSN 2602-8166* **2022**, *6* (3). <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n3.2022.434>.
- (13) Valencia, M. *Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador*; María, V., Ed.; Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca: Quito, 2021; Vol. 1. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- (14) MORÁN, S. *Nada frena los plásticos de un solo uso: más de 260.000 toneladas al año en Ecuador*. Sociedad. <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/nada-frena-plasticos-un-solo-uso-mas-260000-toneladas-al-ano-ecuador>.

- (15) Rojo Nieto, E.; Montoto, T. *Basuras marinas , plásticos y microplásticos*; Ecologistas en Acción, Ed.; Creative Commons: Madrid, 2017.
- (16) Orayeva, J. *Ecuador: Un estudio de más de 10 años realizado en cooperación con el OIEA analiza la polución por microplásticos en el océano Pacífico tropical oriental*. Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA). <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/ecuador-estudio-microplasticos-pacifico-oriental>.
- (17) Delgado Fimia, O. Implicaciones de la exposición a microplásticos en salud humana. Revisión bibliográfica, Universidad de Granada, 2019. <https://doi.org/10.30827/Digibug.56407>.
- (18) Schirinzi, G. F. Chemical and ecotoxicological assessment of microplastics and emerging risks in the coastal environments, Universitat de Barcelona, 2020.
- (19) Campoy, P.; Beiras, R. Revisión: Efectos ecológicos de macro-, meso- y microplásticos. *Estación de Ciencias Mariñas de Taralla (ECIMAT) - Universidad de Vigo*. noviembre 2019, p 35. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36814.89926>.
- (20) Nielsen, P. *Coastal and Estuarine Processes*; World Scientific Publishing Company, Ed.; Advanced Series on Ocean Engineering; WORLD SCIENTIFIC: Queensland, 2009; Vol. 29. <https://doi.org/10.1142/7114>.
- (21) Ramos, W.; Benites, E.; Pinedo, L.; Pretell, V. Evaluación y Caracterización de Microplásticos en Tres Playas Arenosas de Lima, Perú. En *Proceedings of the 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Engineering, Integration, And Alliances for A Sustainable Development* "Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on A Knowledge-Bas; Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2020; Vol. 18, pp 1-10. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.71>.
- (22) Serrano, F.; Mendizábal, E. *Introduccion a la ciencia de los polimeros*, Universida.; Guadalajara, 2015.
- (23) Goldman, Ian. and Pabari, M. Sostenibilidad de la gestión de los residuos plásticos domiciliarios en la parroquia Velasco Ibarra del cantón El Empalme, Universidad Técnica de Quevedo, 2021.
- (24) Caguana Chiriboga, E. M. Efecto de Microplástico sobre las comunidades coralinas, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020, Vol. 2507.
- (25) Lee, J.; Lee, J.; Hong, S.; Hong, S. H.; Shim, W. J.; Eo, S. Characteristics of meso-sized plastic marine debris on 20 beaches in Korea. *Mar. Pollut. Bull.* **2017**, *123* (1-2), 92-96. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.020>.
- (26) Isobe, A.; Kubo, K.; Tamura, Y.; Kako, S.; Nakashima, E.; Fujii, N. Selective transport of microplastics and mesoplastics by drifting in coastal waters. *Mar. Pollut. Bull.* **2014**, *89* (1-2), 324-330. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.041>.
- (27) IPIAP. *El Instituto Nacional de Pesca alista campaña sobre microplásticos en los océanos*. institutopesca.gob.ec. <https://www.institutopesca.gob.ec/inp-alista-campana-sobre-microplasticos-en-los-oceanos/#>.

- (28) Bollaín Pastor, C.; Vicente Agulló, D. Presencia de Microplásticos en Aguas y su Potencial Impacto en la Salud Pública. *Rev. Esp. Salud Publica* **2019**, *93*, 1-10.
- (29) EFSA CONTAM Panel. Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA J.* **2016**, *14* (6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4501>.
- (30) General, D. Microplastics: sources, effects and solutions. **2018**, 1-4.
- (31) Klein, S.; Dimzon, I. K.; Eubeler, J.; Knepper, T. P. Analysis, Occurrence, and Degradation of Microplastics in the Aqueous Environment; Germany, 2018; pp 51-67. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5_3.
- (32) Ugwu, K.; Herrera, A.; Gómez, M. Microplastics in marine biota: A review. *Mar. Pollut. Bull.* **2021**, *169* (May). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112540>.
- (33) Sanchez Izquierdo, I. “Microplásticos Y Su Interacción Con Los Antibióticos”, UNIVERSIDAD COMPLUTENSE, 2019.
- (34) WWF. *Las redes de pesca abandonadas en el mar son la basura plástica más mortal para la vida marina*. WWF. <https://www.wwf.org.co/?364942/Las-redes-de-pesca-abandonadas-en-el-mar-son-la-basura-plastica-mas-mortal-para-la-vida-marina>.
- (35) Jovanović, B. Ingestion of microplastics by fish and its potential consequences from a physical perspective. *Integr. Environ. Assess. Manag.* **2017**, *13* (3), 510-515. <https://doi.org/10.1002/ieam.1913>.
- (36) Costs, T. H. Plastic & Health. *Plast. Heal. Hidden Costs a Plast. Planet* **2015**, 1-4.
- (37) Vinet, L.; Zhedanov, A. *RESIDUOS PLASTICOS EN ARGENTINA. SU IMPACTO AMBIENTAL Y EN EL DESAFIO DE LA ECONOMIA CIRCULAR*, Primera Ed.; Sbarbati Nudelman, N., Ed.; Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ANCFN): Buenos Aires, 2020; Vol. 16. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>.
- (38) Vazquez, A.; Cruz, A.; Alvarez, J.; Rosado, V.; Beltrán, M.; Mendoza, M.; Espinosa, R.; Velasco, M. Monitoreo de microplásticos en playas. *Universidad Autónoma Metropolitana*. Azcapotzalco febrero 2020, pp 1-28.
- (39) Bonanno, G.; Orlando-Bonaca, M. Ten inconvenient questions about plastics in the sea. *Environ. Sci. Policy* **2018**, *85* (March), 146-154. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.04.005>.
- (40) Cruz, A. Evaluación de la calidad ambiental y su relación con la presencia de microplásticos en cinco playas mexicanas, Universidad Autónoma Metropolitana, 2020.
- (41) Gaibor, N.; Condo-Espinel, V.; Cornejo-Rodríguez, M. H.; Darquea, J. J.; Pernia, B.; Domínguez, G. A.; Briz, M. E.; Márquez, Lady; Laaz, E.; Alemán-Dyer, C.; Avendaño, U.; Guerrero, J.; Preciado, M.; Honorato-Zimmer, D.; Thiel, M. Composition, abundance and sources of anthropogenic marine debris on the beaches from Ecuador – A volunteer-supported study. *Mar. Pollut. Bull.* **2020**, *154* (March), 111068. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111068>.

- (42) Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca. *IPIAP firma convenio con Amigos del Océano*. Noticias. <https://institutopesca.gob.ec/ipiap-firma-convenio-amiguitos-oceano/>.
- (43) Tapia, L. Políticas para gestión integral de plásticos en el Ecuador. *Lexisfinder* **2014**, 19, 5.
- (44) Gonzalez Alcivar, A. Estudio de la Ocurrencia de Microplástico en los sedimentos de la Isla Santay, Universidad Agraria del Ecuador, 2019.
- (45) Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - Plan de ejecución «Hacia un planeta sin contaminación». En *Unep/Ea.4/3*; Asamblea General de las Naciones Unidas, Ed.; UNEP: Nairobi, 2019; pp 1-5.
- (46) Convntion, L. D.; Ofi, R. S. T. O.; Ldc, D.; Parties, C.; Pollution, M.; Matters, O. *Dumping of Wastes and Other Matter, 1972 and Decisions Made*; Londres, 1990; Vol. 9.
- (47) Kentin, E.; Kaarto, H. An EU ban on microplastics in cosmetic products and the right to regulate. *Rev. Eur. Comp. Int. Environ. Law* **2018**, 27 (3), 254-266. <https://doi.org/10.1111/reel.12269>.
- (48) Golwala, H.; Zhang, X.; Iskander, S. M.; Smith, A. L. Solid waste: An overlooked source of microplastics to the environment. *Sci. Total Environ.* **2021**, 769, 144581. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144581>.
- (49) Galero, V. G. Origen, caracterización e impacto de los microplásticos presentes en el medioambiente. aplicación a la provincia de granada (españa), Universidad de Granada, 2021.
- (50) Pleamar, P. *Identificación de la problemática asociada a la contaminación por plásticos.*; Barcelona, 2019.
- (51) Bermejo Moreno, R.; Moreno Ramírez, A. *Análisis Instrumental*, Síntesis.; Madrid, 2014.
- (52) Kundu, A.; Shetti, N. P.; Basu, S.; Raghava Reddy, K.; Nadagouda, M. N.; Aminabhavi, T. M. Identification and removal of micro- and nano-plastics: Efficient and cost-effective methods. *Chem. Eng. J.* **2021**, 421 (P1), 129816. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129816>.
- (53) Velandia Cabra, J. R. Identificación de polímeros por espectroscopía infrarroja. *Rev. Ontare* **2018**, 5, 115-140. <https://doi.org/10.21158/23823399.v5.n0.2017.2005>.
- (54) Gutiérrez Valencia, T. M. Técnicas instrumentales de caracterización de polímeros. En *Polímeros: Generalidades y tendencias de investigación en Colombia*; Bogotá, 2019; p 196.
- (55) GADPEO, G. A. D. P. de E. O. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial El Oro*; Machala, 2015; Vol. 0.
- (56) Instituto Oceanográfico de la Armada, I. De La Costa Continental E Insular Del Ecuador. *Armada del Ecuador Instituto Oceanografico*. Guayaquil septiembre 2005, p 56.

- (57) Besley, A.; Vijver, M. G.; Behrens, P.; Bosker, T. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Mar. Pollut. Bull.* **2017**, *114* (1), 77-83. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.055>.
- (58) Masiá, P.; Ardura, A.; Gaitán, M.; Gerber, S.; Rayon-Viña, F.; Garcia-Vazquez, E. Maritime ports and beach management as sources of coastal macro-, meso-, and microplastic pollution. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2021**, *28* (24), 30722-30731. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12821-0>.
- (59) Ryan, P. G.; Perold, V.; Osborne, A.; Moloney, C. L. Consistent patterns of debris on South African beaches indicate that industrial pellets and other mesoplastic items mostly derive from local sources. *Environ. Pollut.* **2018**, *238*, 1008-1016. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.017>.
- (60) Bancin, L. J.; Walther, B. A.; Lee, Y. C.; Kunz, A. Two-dimensional distribution and abundance of micro- and mesoplastic pollution in the surface sediment of Xialiao Beach, New Taipei City, Taiwan. *Mar. Pollut. Bull.* **2019**, *140* (September 2018), 75-85. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.028>.
- (61) Marine & Environmental Research Institute. *Guide to Microplastics Identification*; Blue Hill, 2015.
- (62) Liu, T.; Zhao, Y.; Zhu, M.; Liang, J.; Zheng, S.; Sun, X. Seasonal variation of micro- and meso-plastics in the seawater of Jiaozhou Bay, the Yellow Sea. *Mar. Pollut. Bull.* **2020**, *152* (October 2019), 110922. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110922>.
- (63) Jeyasanta, K. I.; Sathish, N.; Patterson, J.; Edward, J. K. P. Macro-, meso- and microplastic debris in the beaches of Tuticorin district, Southeast coast of India. *Mar. Pollut. Bull.* **2020**, *154* (March), 111055. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111055>.
- (64) Masura, J.; Baker, J.; Foster, G.; Courtney, A. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. *Natl. Ocean. Atmos. Adm.* **2015**, N.º July.
- (65) Lepper, K.; Fischer, J. Methods Note : Can hydrogen peroxide digestion of organic matter ever be too aggressive for OSL dating ? *Anc. TL* **2021**, *39* (1), 1-4.
- (66) Torrez-Pérez, K.; Cervantes, O.; Reyes-Gómez, J.; Olivos-Ortiz, A. Clasificación de Microplásticos en Playas Urbanas, Suburbanas, Rurales y Naturales de Colima y Jalisco, México. *Costas* **2021**, *3* (December), 207-230. <https://doi.org/10.25267/Costas>.
- (67) ThermoFisher. Guide to the identification of microplastics by FTIR and Raman spectroscopy. *Thermoscientific*. 2018, p 6.
- (68) Veerasingam, S.; Ranjani, M.; Venkatachalapathy, R.; Bagaev, A.; Mukhanov, V.; Litvinyuk, D.; Mugilarasan, M.; Gurumoorthi, K.; Guganathan, L.; Aboobacker, V. M.; Vethamony, P. Contributions of Fourier transform infrared spectroscopy in microplastic pollution research: A review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* **2021**, *51* (22), 2681-2743. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1807450>.

- (69) Olmos Espinar, S. Presencia y evolución de microplásticos en estaciones depuradoras de aguas residuales de la Región de Murcia: propuesta de las mejores tecnologías disponibles para una emisión cero, Universidad Politécnica de Cartagena, 2021. <https://doi.org/10.31428/10317/9359>.
- (70) Young, A. M.; Elliott, J. A. Characterization of microplastic and mesoplastic debris in sediments from Kamilo Beach and Kahuku Beach, Hawai'i. *Mar. Pollut. Bull.* **2016**, *113* (1-2), 477-482. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.11.009>.
- (71) Kneubl, C. MACRO E MESOPLÁSTICOS NA PRAIA DA JOAQUINA: UM ESTUDO DE CASO, 2020, Vol. 4.
- (72) Alcivar, D. Zooplankton y microplásticos acompañantes en el estuario interno del Golfo de Guayaquil, Provincia del Guayas, Ecuador, Universidad de Guayaquil, 2021.
- (73) Redford, D. P.; Trulli, H. K.; Trulli, W. R. Sources of Plastic Pellets in the Aquatic Environment. En *Sources of Plastic Pellets in the Aquatic Environment*; Coe, J. M., Rogers, D. B., Eds.; Springer: New York, 1997; pp 335-343. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8486-1_30.
- (74) Hernández-Sánchez, C.; González-Sálamo, J.; Díaz-Peña, F. J.; Fraile-Nuez, E.; Hernández-Borges, J. Arenas Blancas (El Hierro island), a new hotspot of plastic debris in the Canary Islands (Spain). *Mar. Pollut. Bull.* **2021**, *169* (May). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112548>.
- (75) Benavente, V. Determinación de la presencia de microplásticos en nueve playas de Camaná-Arequipa-Perú y Programa de sensibilización, Universidad Católica de Santa María, 2021.
- (76) Boerger, C. M.; Lattin, G. L.; Moore, S. L.; Moore, C. J. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Mar. Pollut. Bull.* **2010**, *60* (12), 2275-2278. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.007>.
- (77) Wang, S.; Zhang, C.; Pan, Z.; Sun, D.; Zhou, A.; Xie, S.; Wang, J.; Zou, J. Microplastics in wild freshwater fish of different feeding habits from Beijiang and Pearl River Delta regions, south China. *Chemosphere* **2020**, *258*, 127345. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127345>.
- (78) Neto, J. G. B.; Rodrigues, F. L.; Ortega, I.; Rodrigues, L. dos S.; Lacerda, A. L. d. F.; Coletto, J. L.; Kessler, F.; Cardoso, L. G.; Madureira, L.; Proietti, M. C. Ingestion of plastic debris by commercially important marine fish in southeast-south Brazil. *Environ. Pollut.* **2020**, *267*. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115508>.
- (79) Wu, J.; Lai, M.; Zhang, Y.; Li, J.; Zhou, H.; Jiang, R.; Zhang, C. Microplastics in the digestive tracts of commercial fish from the marine ranching in east China sea, China. *Case Stud. Chem. Environ. Eng.* **2020**, *2* (September), 100066. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100066>.
- (80) Borges-Ramírez, M. M.; Mendoza-Franco, E. F.; Escalona-Segura, G.; Osten, J. R. von. Plastic density as a key factor in the presence of microplastic in the gastrointestinal tract of commercial fishes from Campeche Bay, Mexico. *Environ. Pollut.* **2020**, *267*. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115659>.

- (81) Iannacone, J.; Principe, F.; Minaya, D.; Panduro, G.; Carhuapoma, M.; Alvariño, L. Microplastics in marine fishes of economic importance in Lima, Perú. *Rev. Investig. Vet. del Perú* **2021**, *32* (2). <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20038>.
- (82) Pervez, R.; Wang, Y.; Mahmood, Q.; Jattak, Z. Stereomicroscopic and Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopic Characterization of the Abundance, Distribution and Composition of Microplastics in the Beaches of Qingdao, China. *Anal. Lett.* **2020**, *53* (18), 2960-2977. <https://doi.org/10.1080/00032719.2020.1763379>.
- (83) Tiwari, M.; Rathod, T. D.; Ajmal, P. Y.; Bhangare, R. C.; Sahu, S. K. Distribution and characterization of microplastics in beach sand from three different Indian coastal environments. *Mar. Pollut. Bull.* **2019**, *140* (October 2018), 262-273. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.055>.
- (84) Yu, X.; Ladewig, S.; Bao, S.; Toline, C. A.; Whitmire, S.; Chow, A. T. Occurrence and distribution of microplastics at selected coastal sites along the southeastern United States. *Sci. Total Environ.* **2018**, *613-614*, 298-305. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.100>.
- (85) Morais, L. M. S.; Sarti, F.; Chelazzi, D.; Cincinelli, A.; Giarrizzo, T.; Martinelli Filho, J. E. The sea anemone *Bunodosoma cangicum* as a potential biomonitor for microplastics contamination on the Brazilian Amazon coast. *Environ. Pollut.* **2020**, *265*, 114817. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114817>.
- (86) Duan, J.; Han, J.; Cheung, S. G.; Chong, R. K. Y.; Lo, C. M.; Lee, F. W. F.; Xu, S. J. L.; Yang, Y.; Tam, N. F. yee; Zhou, H. C. How mangrove plants affect microplastic distribution in sediments of coastal wetlands: Case study in Shenzhen Bay, South China. *Sci. Total Environ.* **2021**, *767*, 144695. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144695>.
- (87) Jualaong, S.; Pransilpa, M.; Pradit, S.; Towatana, P. Type and Distribution of Microplastics in Beach Sediment along the Coast of the Eastern Gulf of Thailand. *J. Mar. Sci. Eng.* **2021**, *9* (12), 1405. <https://doi.org/10.3390/jmse9121405>.
- (88) Rivera-Ticllacondor, E.; Zamora-Talaverano, N. S. MICROPLÁSTICOS EN LA ZONA DE MAREA ALTA Y SUPRALITORAL DE UNA PLAYA ARENOSA DEL LITORAL COSTERO DEL PERÚ. *Biol.* **2019**, *17* (1), 61-72. <https://doi.org/10.24039/rtb2020182831>.
- (89) Calderon, E. A.; Hansen, P.; Rodríguez, A.; Blettler, M. C. M.; Syberg, K.; Khan, F. R. Microplastics in the Digestive Tracts of Four Fish Species from the Ciénaga Grande de Santa Marta Estuary in Colombia, Roskilde University, 2019, Vol. 230. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4313-8>.
- (90) Maynard, I. F. N.; Bortoluzzi, P. C.; Nascimento, L. M.; Madi, R. R.; Cavalcanti, E. B.; Lima, Á. S.; Jeraldo, V. de L. S.; Marques, M. N. Analysis of the occurrence of microplastics in beach sand on the Brazilian coast. *Sci. Total Environ.* **2021**, *771*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144777>.
- (91) Alvarez-Zeferino, J. C.; Ojeda-Benítez, S.; Cruz-Salas, A. A.; Martínez-Salvador, C.; Vázquez-Morillas, A. Microplastics in Mexican beaches. *Resour. Conserv. Recycl.* **2020**, *155* (December 2019), 104633. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104633>.

- (92) Lozada, H.; Romer, A. Estudio de las características de los microplásticos en las playas de arena del Perú, 2017.
- (93) Cruz Barrera, P. A. Análisis del impacto del turismo en el medio ambiente: Caso playa Bajo Alto, El Guabo, Ecuador. Machala 2019, p 41.

ANEXOS

Anexo 1: Toma de muestra Jambelí



Anexo 2: Planilla de datos totales Jambelí

PLANILLA DE DATOS

MUESTREO DE ARENAS DE PLAYAS PARA LA DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS

Playa: Provincia:

Cantón:

Fecha: Hora:

Estado de marea. Horas de pleamar:

Descripción de la muestra

Muestra Jambeli		Cantidad								
		Transparente	Negro	Azul	Blanco	Rojo	Verde	Multicolor	Otros	Total
Forma	Espojas				3				1	4
	Fibras/Filamentos			4	3		3		1	11
	Film/Láminas	11	1	6	9		5	2	9	43
	Plástico Duro	47	5	63	67	13	47		30	272
	Goma Espuma	1							2	3
	Velcro									0
	Pellets									0

Anexo 3: Toma de muestra Bajo Alto



Anexo 4: Planilla de datos totales Bajo Alto

PLANILLA DE DATOS

MUESTREO DE ARENAS DE PLAYAS PARA LA DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS

Playa: Provincia:

Cantón:

Fecha: Hora:

Estado de marea. Horas de pleamar:

Descripción de la muestra

Muestra Bajo Alto	Forma	Cantidad								Total
		Transparent	Negro	Azul	Blanco	Rojo	Verde	Multicolor	Otros	
	Esponjas			1						1
	Fibras/Filamentos	2	1	8	3	1	4		1	20
	Film/Láminas	37	2	31	37		8	11	8	134
	Plastico Duro		5	25	2	4	10		5	51
	Goma Espuma	1	1		1		1		1	5
	Velcro									0
	Pellets									0

Anexo 5: Toma de muestra San Gregorio



Anexo 6: Planilla de datos totales San Gregorio

PLANILLA DE DATOS

MUESTREO DE ARENAS DE PLAYAS PARA LA DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS

Playa: Provincia:

Cantón:

Fecha: Hora:

Estado de marea. Horas de pleamar:

Muestra San Gregorio		Descripción de la muestra								
		Transparente	Negro	Azul	Blanco	Rojo	Verde	Multicolor	Otros	Total
Forma	Esponjas				1		2		2	5
	Fibras/Filamentos	1		1			4			6
	Film/Láminas	1			1				1	3
	Plástico Duro	10	5	41	13	8	20		11	108
	Goma Espuma	1							1	2
	Velcro								2	2
	Pellets	2								2

Anexo 7: Identificación de Mesoplásticos por Microscopía Óptica



Anexo 8: Preparación de la muestra Microplásticos



Anexo 9: Separación por densidad de Microplásticos



Anexo 10: Preparación del Peróxido de Hidrógeno al 30%



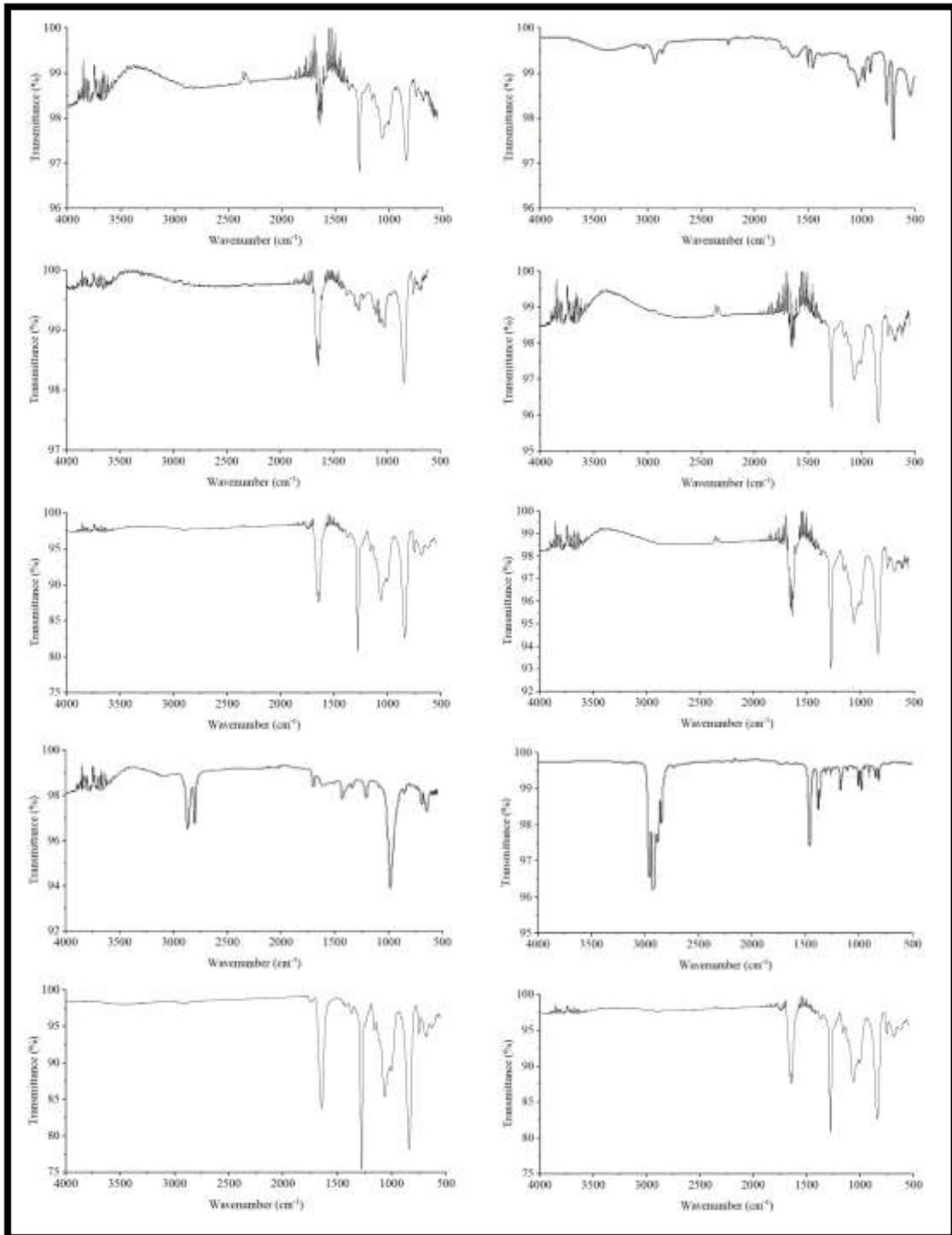
Anexo 11: Filtrado al vacío



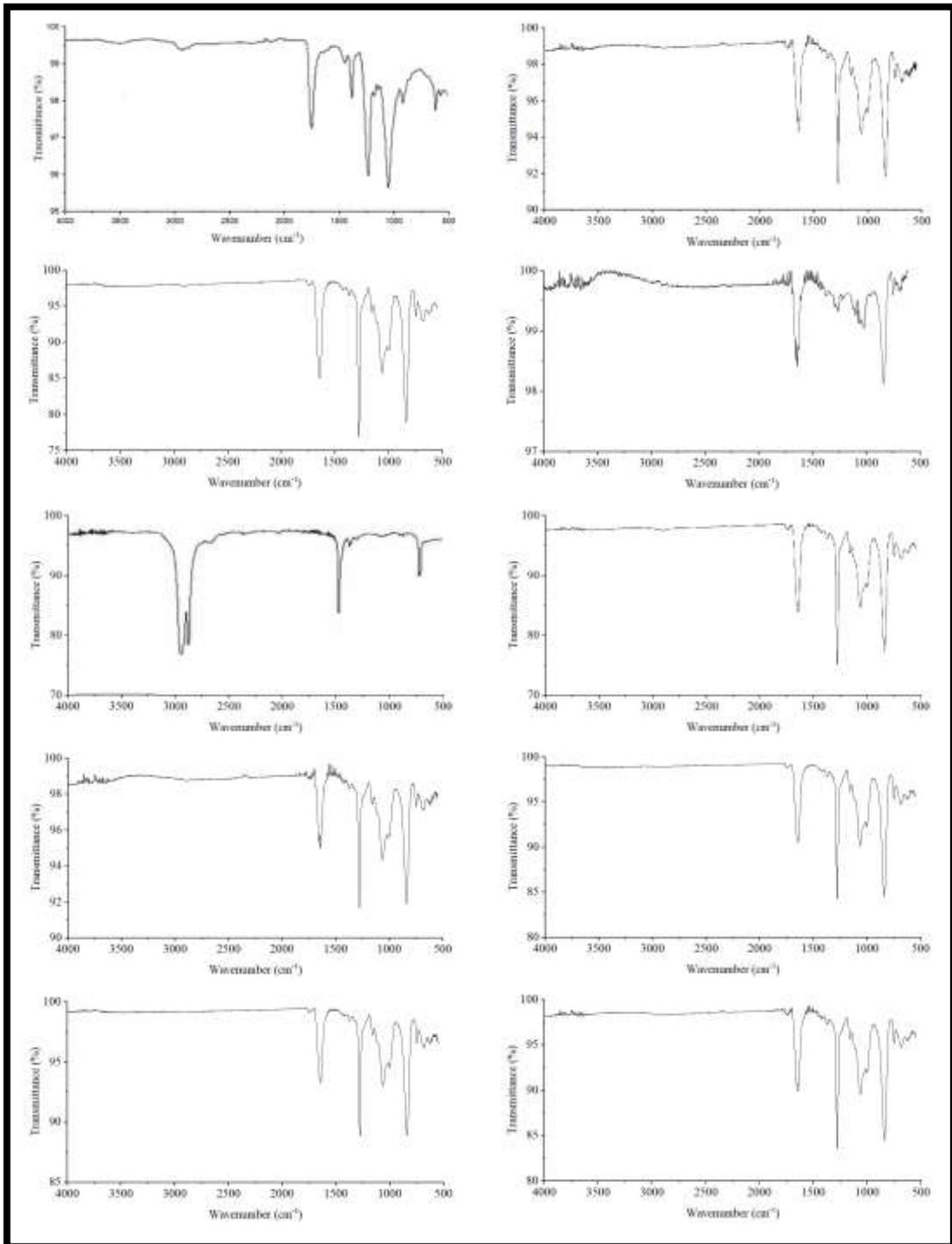
Anexo 12: Espectroscopía FTIR-ATR



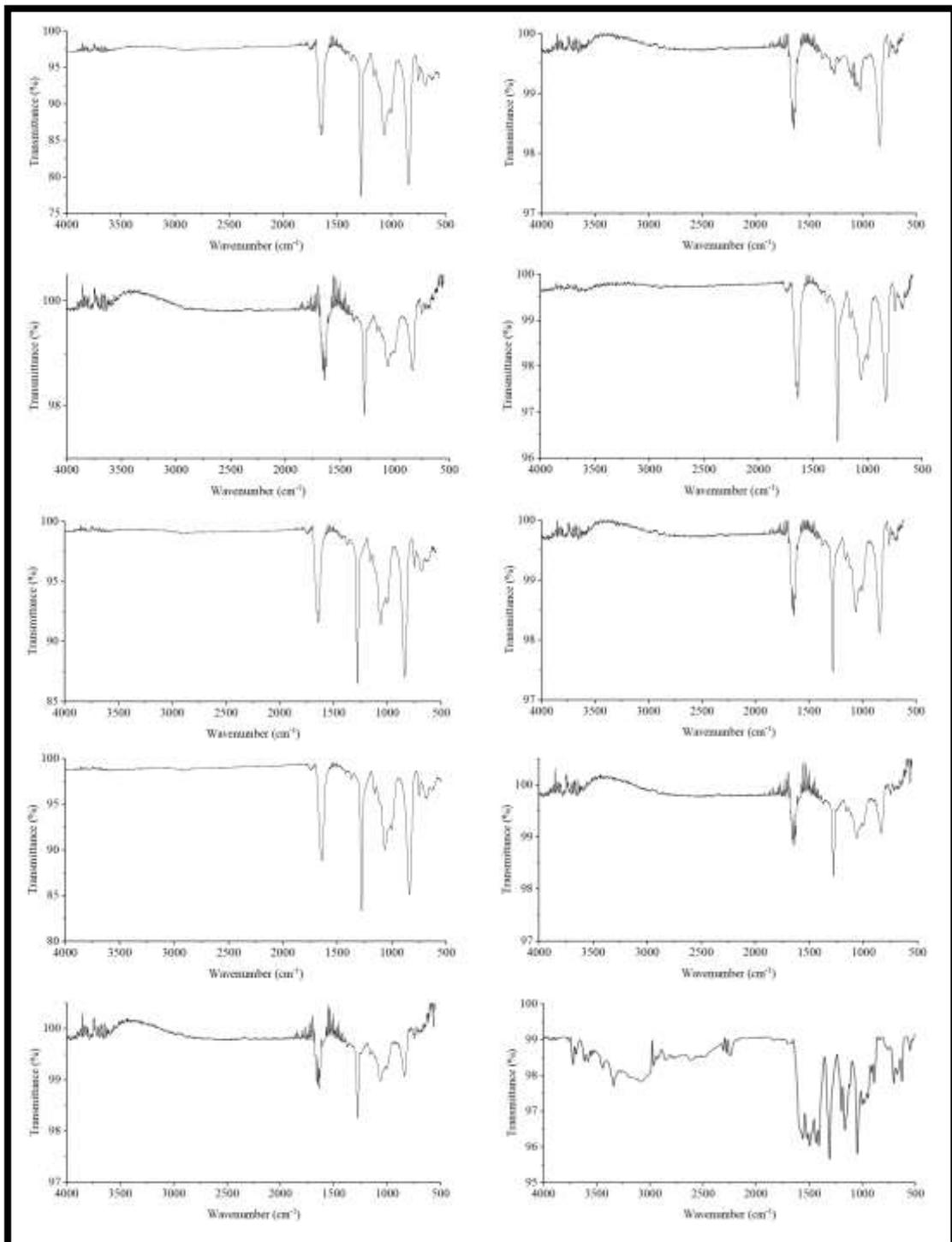
Anexo 13: Espectros IR Jambelí



Anexo 14: Espectros IR Bajo Alto



Anexo 15: Espectros IR San Gregorio



Anexo 16: Asignaciones de picos característicos de FTIR para varios tipos de MP

No	Polímero	Bandas de transmitancia (cm ⁻¹) utilizadas para la identificación	Asignación	Estudios Referenciales
1	Poliétileno de alta densidad (HDPE)	2915	C–H stretching	Nishikida and Coates, 2003; Noda et al., 2007; Asensio et al., 2009; Mecozzi et al., 2016; Jung et al., 2018
		2845	C–H stretching	
		1472	CH ₂ bending	
		1462	CH ₂ bending	
		730	CH ₂ rocking	
		717	CH ₂ rocking	
2	Poliétileno de baja densidad (LDPE)	2915	C–H stretching	Nishikida and Coates, 2003; Noda et al., 2007; Asensio et al., 2009; Mecozzi et al., 2016; Jung et al., 2018
		2845	C–H stretching	
		1467	CH ₂ bending	
		1462	CH ₂ bending	
		1377	CH ₂ bending	
		730	CH ₂ rocking	
3	Polyethylene terephthalate (PET)	1713	C=O stretching	Verleye et al., 2001; Noda et al., 2007; Asensio et al., 2009; Mecozzi et al., 2016; Jung et al., 2018
		1241	C–O stretching	
		1094	C–O stretching	
		720	Aromatic CH out-of-plane bending	
4	Polipropileno (PP)	2950	C–H stretching	Verleye et al., 2001; Noda et al., 2007; Asensio et al., 2009; Mecozzi et al., 2016; Jung et al., 2018
		2915	C–H stretching	
		2838	C–H stretching	
		1455	CH ₂ bending	
		1377	CH ₃ bending	
		1166	CH bending, CH ₃ rocking, C–C stretching	
		997	CH ₃ rocking, CH ₃ bending, CH bending	
		972	CH ₃ rocking, C–C stretching	
		840	CH ₂ rocking, C–CH ₃ stretching	
		808	CH ₂ rocking, C–C stretching, C–CH stretching	
5	Poliestireno (PS)	3024	Aromatic C–H stretching	Verleye et al., 2001; Noda et al., 2007; Asensio et al., 2009; Mecozzi et al., 2016; Jung et al., 2018
		2847	C–H stretching	
		1601	Aromatic ring stretching	
		1492	Aromatic ring stretching	
		1451	CH ₂ bending	
		1027	Aromatic CH bending	
		694	Aromatic CH out-of-plane bending	
		537	Aromatic ring out-of-plane bending	
6		1427	CH ₂ bending	

	Policloruro de vinilo (PVC)	1331 1255 1099 966 616	CH bending CH bending C–C stretching CH ₂ rocking C–Cl stretching	Beltran and Marcilla, 1997; Verleye et al., 2001; Noda et al., 2007; Jung et al., 2018
7	Poliuretano (PU)	2865 1731 1531 1451 1223	C–H stretching C=O stretching C–N stretching CH ₂ bending C(=O)O stretching	Verleye et al., 2001; Noda et al., 2007; Asefnejad et al., 2011; Jung et al., 2018
8	Nylon (all polyamides)	3298 2932 2858 1634 1538 1464 1372 1274 1199 687	N–H stretching CH stretching CH stretching C=O stretching NH bending, C–N stretching CH ₂ bending CH ₂ bending NH bending, C–N stretching CH ₂ bending NH bending, C=O bending	Rotter and Ishida, 1992; Verleye et al., 2001; Noda et al., 2007; Mecozzi et al., 2016; Jung et al., 2018
9	Policarbonato (PC)	2966 1768 1503 1409 1364 1186 1158 1013 828	CH stretching C=O stretching Aromatic ring stretching Aromatic ring stretching CH ₃ bending C–O stretching C–O stretching Aromatic CH in plane bending Aromatic CH out-of-plane bending	Verleye et al., 2001, Noda et al., 2007, Asensio et al., 2009, Jung et al., 2018
10	Acetato de celulosa (CA)	1743 1368 904	C=O stretching CH ₃ bending Aromatic ring stretching or CH bending	Ilharco and Brito de Barros, 2000; Verleye et al., 2001; Noda et al., 2007; Jung et al., 2018
11	Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	600 2922 1602 1494 1452 966 759 698	O–H bending C–H stretching Aromatic ring stretching Aromatic ring stretching CH ₂ bending =C–H bending Aromatic CH out-of-plane bending, =CH bending Aromatic CH out-of-plane bending	Verleye et al., 2001; Jung et al., 2018
12	Politetrafluoro etileno (PTFE)	1201 1147 638 554 509	CF ₂ stretching CF ₂ stretching C–C–F bending CF ₂ bending CF ₂ bending	Coates, 2000; Verleye et al., 2001; Jung et al., 2018

13	Poly(methyl methacrylate) (PMMA or acrylic)	2992	C–H stretching	Verleye et al., 2001; Jung et al., 2018			
		2949	C–H stretching				
		1721	C=O stretching				
		1433	CH ₂ bending				
		1386	CH ₃ bending				
		1238	C–O stretching				
		1189	CH ₃ rocking				
		1141	C–O stretching				
		985	CH ₃ rocking				
		964	C–H bending				
14	Etileno acetato de vinilo (EVA)	750	CH ₂ rocking, C=O bending	Verleye et al., 2001; Asensio et al., 2009; Jung et al., 2018			
		2917	C–H stretching				
		2848	C–H stretching				
		1740	C=O stretching				
		1469	CH ₂ bending, CH ₃ bending				
		1241	C(=O)O stretching				
		1020	C–O stretching				
		720	CH ₂ rocking				
		15	Nitrile		2917	=C–H stretching	Coates, 2000; Verleye et al., 2001; Jung et al., 2018
					2849	=C–H stretching	
2237	CN stretching						
1605	C=C stretching						
1440	CH ₂ bending						
1360	CH ₂ bending						
1197	CH ₂ bending						
16	Latex	967	=C–H bending	Guidelli et al., 2011; Jung et al., 2018			
		2960	C–H stretching				
		2920	C–H stretching				
		2855	C–H stretching				
		1167	C=C stretching				
		1447	CH ₂ bending				
		1376	CH ₃ bending				
