



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ESTUDIO DE LA OCURRENCIA DE MICROPLÁSTICO
EN LOS SEDIMENTOS DE LA ISLA SANTAY**

TIPO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERA AMBIENTAL

**AUTOR
GONZALEZ ALCIVAR ADRIANA ROSAURA**

**TUTOR
Oce. ZAMBRANO ZAVALA LEILA ELIZABETH M.Sc.**

GUAYAQUIL - ECUADOR

2019

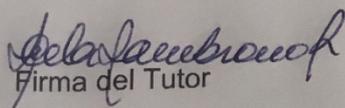


UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **ZAMBRANO ZAVALA LEILA ELIZABETH** MSc., docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **ESTUDIO DE LA OCURENCIA DE MICROPLÁSTICO EN LOS SEDIMENTOS DE LA ISLA SANTAY**, realizado por la estudiante **GONZALEZ ALCIVAR ADRIANA ROSAURA**; con cédula de identidad N°092565349-5 de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Unidad Académica **Guayaquil**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,


Firma del Tutor

Guayaquil, 12 de diciembre del 2019



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“ESTUDIO DE LA OCURENCIA DE MICROPLÁSTICO EN LOS SEDIMENTOS DE LA ISLA SANTAY”**, realizado por la estudiante **GONZALEZ ALCIVAR ADRIANA ROSAURA**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

PhD. Patricia Molleda Martínez
PRESIDENTE

Ing. Diego Arcos Jácome
EXAMINADOR PRINCIPAL

Oce. Leila Zambrano Zavala M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

PhD. José Hernández Rosas
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 12 de diciembre del 2019

Dedicatoria

Le dedico este trabajo a mi mamá y a las personas que creyeron en mi, en especial a Roberto Carlos Álvarez Timón.

Al mismo tiempo espero aportar un pequeño grano de arena al mar de desconocimiento acerca de este tema emergente. Los océanos están llenos de frases “Es solo una botella”. Creo firmemente que pequeñas acciones en conjunto hacen grandes cambios.

Agradecimiento

Agradezco al PhD Alonzo Alfaro-Núñez por los reactivos donados y su aporte científico a mi proyecto de titulación ya que sin ellos no hubiera sido posible llevarlo a cabo, al personal técnico de la Isla Santay por ayudarme con la logística del muestreo y a mi Tutora Oce. Leila Zambrano Zavala por apoyarme incondicionalmente en los procedimientos técnicos. “No existen imposibles con una luz prendida y el correcto guía”

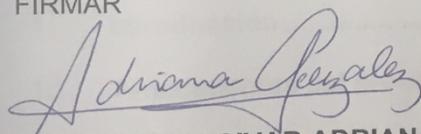
Autorización de Autoría Intelectual

Yo, Gonzalez Alcivar Adriana Rosaura, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre **“ESTUDIO DE LA OCURRENCIA DE MICROPLÁSTICO EN LOS SEDIMENTOS DE LA ISLA SANTAY”** para optar el título de **INGENIERÍA AMBIENTAL**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 16 de diciembre del 2019

FIRMAR



GONZALEZ ALCIVAR ADRIANA ROSAURA
C.I. 092565349-5

Índice general

PORTADA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual.....	¡Error! Marcador no definido.
Índice general	7
Índice de tablas	10
Índice de figuras.....	11
Resumen.....	12
Abstract	13
1 Introducción	14
1.1 Antecedentes del problema.....	14
1.2 Planteamiento y formulación del problema	15
1.3 Justificación de la investigación	16
1.4 Delimitación de la investigación	17
1.5 Objetivo general	17
1.6 Objetivos específicos.....	17
2 Marco teórico.....	19
2.1 Estado del arte.....	19

2.2	Bases teóricas.....	23
2.2.1	Estuarios	23
2.2.2	Desechos marinos	25
2.2.3	Tipos de residuos plásticos	26
2.2.4	Propiedades fisicoquímicas y degradación de los plásticos	28
2.2.5	Degradación plástica	29
2.2.6	Susceptibilidad de plásticos en diferentes zonas marinas.....	29
2.2.7	Técnicas para cuantificar y analizar microplástico	30
2.3	Marco legal.....	32
2.3.1	Constitución de la República del Ecuador	32
2.3.2	Convenio de Estocolmo	33
2.3.3	Convención Ramsar.....	34
2.3.4	Área de Importancia para la Conservación de las aves (IBAs)..	34
2.3.5	Código Orgánico Ambiental (COA)	34
2.3.6	Ordenanza Municipal	40
3	Materiales y métodos	41
3.1	Enfoque de la investigación	41
3.1.1	Tipo de investigación.....	41
3.1.2	Diseño de investigación	41
3.2	Metodología.....	42
3.2.1	Variables	42
3.2.2	Recolección de datos	42
3.2.3	Diagrama de flujo para la cuantificación de la ocurrencia de los microplásticos en los sedimentos de la Isla Santay	45

3.2.4	Análisis estadístico	46
4	Resultados.....	47
4.1	Microplásticos encontrados en las muestras de sedimento de la Isla Santay	47
4.2	Tamaño de mayor frecuencia y la forma de los microplásticos. .	50
4.3	Línea base de la ocurrencia de microplásticos en los sedimentos de la Isla Santay para futuras investigaciones	55
5	Discusión.....	58
6	Conclusiones	62
7	Recomendaciones	63
8	Anexos.....	64
9	Bibliografía.....	75

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción del tratamiento aplicado en las muestras de sedimento	47
Tabla 2. Cantidad de partículas encontradas por muestra	48
Tabla 3. Cantidad de partículas encontradas por tamaño	50
Tabla 4. Número de partículas separadas por su forma o estructura constitutiva	52
Tabla 5. Coordenadas del estudio	72
Tabla 6. Suceptibilidad de plásticos en el medio ambiente por ubicación	73
Tabla 7. Técnicas analíticas utilizadas para el análisis de la composición de los microplásticos	74

Índice de figuras

Figura 1. Ocurrencia de partículas por tamaño.....	51
Figura 2. Ocurrencia de forma en microplásticos	53
Figura 3. porcentajes de tamaño y forma	54
Figura 4. Microplásticos totales encontrados.....	55
Figura 5. (A) distribución de tamaño (B) distribución por forma.....	56
Figura 6. Mapa temático con la distribución de forma y tamaño.....	57
Figura 7. Ubicación de la investigación.....	64
Figura 8. Vías potenciales en el transporte de los microplásticos	65
Figura 9. Fuentes de microplásticos y flujos ambientales.....	65
Figura 10. Formas de microplásticos	65
Figura 11. El balance de masas plásticas en el medio marino	66
Figura 12. Columna usada para separar microplásticos mediante elutriación .	66
Figura 13. Separador de sedimentos Munich	67
Figura 14. Diagrama de flujo para la ejecución del proyecto	67
Figura 16. Permiso de investigación	68
Figura 17. Autorización de investigación científica	69
Figura 18. Muestreo en la Isla Santay	70
Figura 19. Tamices 3mm y 1mm.....	70
Figura 20. Trabajo de laboratorio.....	70
Figura 21. Materiales para cuantificación de microplásticos.....	71
Figura 22. Reactivos utilizados para el estudio.....	71
Figura 23. Metodo de suspensión con NaCl.....	71
Figura 24. Análisis de partículas	72
Figura 25. Formas y tamaños de microplásticos	72

Resumen

La ocurrencia de microplásticos ha sido ampliamente estudiada en Costas y océanos mundialmente, sin embargo, para los estuarios sus estudios a nivel de Sudamérica son escasos y a nivel nacional nulos. El presente estudio describe la presencia de los microplásticos en la Isla Santay en el cual se extrajeron partículas de tamaño de 0,5mm hasta 5mm. El método que se utilizó previamente fue gravimétrico y para disolver el material orgánico se aplicó peróxido de hidrógeno, luego se aplicó el método de separación por densidad usando cloruro de sodio. Los resultados se muestran en histogramas y pasteles facilitados por los datos tabulados en las tablas. Se encontraron 692 partículas plásticas, la estación mas contaminada fue la Norte con 244 partículas y la menor fué la del Sur con 90 unidades. La distribución de acuerdo con los tamaños mas frecuente fueron los mayores a 0,5mm con el 36% de la masa plástica; las mayores a 1 mm 33.23%; los tamaños mayores a 3mm y 2mm disminuyeron su aparición significativamente con el 16% y 13.72%. Para la distribución por formas las fibras representan el 44,1% seguido de los fragmentos con el 20,3%, las películas representan un 25,3% y el foam solo el 1,3%.

Palabras clave: contaminación, formas, microplásticos, sedimentos, tamaños.

Abstract

The presence of microplastics in Coast and Oceans worldwide has been widely studied, nonetheless, in South America the studies of estuaries are limited and at the national level non-existent. The present study describes the occurrence of microplastics in Santay Island, whereby particles of 0.5 mm to 5 mm size were extracted. The previously used method was gravimetric and to dissolve the organic material hydrogen peroxide was applied, as for the density separation method; sodium chloride was used. The results are shown in histograms and pie charts provided by the data tabulated. 692 plastic particles were found, the most polluted station was the North station with 244 particles and the lowest was the South station with 90 units. The most frequent sizes (according to the distribution) were those greater than 0.5 mm with 36% of the microplastics; those greater than 1 mm 33.23%; sizes larger than 2 mm and 3 mm decreased in presence/occurrence with 16% and 13.72%. For the distribution by (shape, size), fibres represent 44.1% followed by fragments with 20.3%, films represent 25.3% and foam just 1.3%.

Keywords: pollution, shapes, microplastics, sediments, size.

1. Introducción

1.1. Antecedentes del problema

A finales de la década de 1970 el incremento de la producción del plástico superó la del acero y desde entonces se ha reportado la incidencia de la contaminación por plásticos en aguas oceánicas, incluso hasta 4.5×10^4 toneladas métricas de plástico (Azzarello & Vleet, 1987; Meikle, 1995; Sileo, Sievert, & Samuel, 1989).

A nivel mundial, se estiman desechos entre 1.15 y 2.41 millones de toneladas de plástico ingresan al océano cada año desde los ríos, con más del 74% de las emisiones. Los principales 20 ríos contaminados están ubicados en Asia con el 67% del total mundial (Lebreton et al., 2017). Indonesia es un importante contribuyente en Asia con cuatro Ríos en Java con 101300 toneladas de plástico por año (Laurent et al., 2017).

El resto del mundo compartió el 14% restante de la entrada de masa plástica fluvial, un 7.8% proveniente de África con 109,200 ton. por año; 4.8% de Sudamérica con 67,400 toneladas por año; 0,95% de América Central y del Norte con 13,400 toneladas por año; Europa con 3,900 toneladas por año, y el 0,02% Australia-Pacífico con 300 toneladas por año (Laurent et al., 2017). En Estados Unidos se generaron 32 millones de toneladas de residuos plásticos en el 2012. Del total generados, la mayor cantidad fueron los contenedores y materiales de empaque (44 %), empaques de alimentos duraderos (34 %) y empaques de alimentos no duraderos (22 %)(Sarria-Villa & Gallo-Corredor, 2016).

En América del Sur se estima una entrada de 38,900 toneladas por año provenientes del río Amazonas, el río más grande del mundo por descarga de agua, con afluentes en Perú, Colombia, Ecuador y Brasil. También se estima una contribución significativa del río Magdalena con 16,700 toneladas por año que

ingresan al Golfo de México (Laurent et al., 2017). Los microplásticos se remueven difícilmente en las plantas de tratamiento de aguas residuales porque son pequeños, flotan y son fácilmente arrastrados por las aguas a los cuerpos de agua (Sarria-Villa & Gallo-Corredor, 2016).

1.2. Planteamiento y formulación del problema

1.2.1. Planteamiento del problema

La producción mundial anual estimada de plásticos en el 2015 fue de 322 millones de toneladas y en el 2016 fue de 335 millones de toneladas (PlasticsEurope, 2017). Se calcula que 275 millones de toneladas métricas fueron generadas en 192 países costeros en el 2010; de 4.8 a 12.7 ingresaron al océano (Jambeck et al., 2015). Se estima que al menos 5.25 billones de partículas de plástico flotan actualmente en el mar. Se sugiere que las dos regiones oceánicas del hemisferio norte contienen un 55,6% de partículas y un 56,8% de masa plástica en comparación con el hemisferio sur, en el Pacífico norte un 37,9% y un 35,8% por conteo de partículas y masa, respectivamente (Eriksen et al., 2014).

Se han encontrado microplásticos en 12 de las 25 especies y géneros más importantes que contribuyen a la pesca marina mundial (Lusher, Hollman, & Mendoza-Hill, 2017).

Los plásticos que dominan la producción mundial son el polietileno (PE), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno (PS), poliuretano (PUR) y poli (tereftalato de etileno) (PET)(GESAMP, Kershaw, & Rochman, 2015).

El estudio de los microplásticos carece de un consenso internacional sobre los procedimientos y estandarización de resultados (Alfaro-Núñez & Bermúdez, 2018; Hanvey et al., 2017; Rocha-Santos & Duarte, 2015).

La ocurrencia de microplásticos en playas ha sido ampliamente estudiada en continentes tales como Asia y Europa pero no en Latinoamérica (Eerkes-Medrano, Thompson, & Aldridge, 2015; Li, Liu, & Paul Chen, 2018; Zhang et al., 2018).

Los sedimentos de los cuerpos de agua dulce son un reservorio para microplásticos terrestres y una fuente de microplásticos marinos. La falta de estudios en ecosistemas de agua dulce se ha convertido en un obstáculo para la comprensión de la fuente y el destino de los mismos (Zhang et al., 2018).

Se desconoce la ocurrencia de microplásticos en ecosistemas acuáticos del Ecuador. La Isla Santay es considerada internacionalmente como Área de Importancia para la conservación de las Aves (AICA o IBAS) y sitio Ramsar para lo cual analizar la ocurrencia de microplásticos en los sedimentos que son hábitat una gran cantidad de fauna que habitan en la isla es relevante.

1.2.2. Formulación del problema

¿Qué ocurrencia de microplástico existe en los sedimentos presentes en la Isla Santay?

1.3. Justificación de la investigación

El siguiente trabajo de titulación justifica su ejecución en el hecho de que la contaminación por microplásticos afecta la biodiversidad y al ser humano debido a su alto potencial de bioacumulación en los seres vivos causando la modificación del ADN (alteraciones cromosómicas, mutagénicas) y como disruptor endocrino. Estas partículas tienen interacción con metales pesados causando neurotoxicidad y daño oxidativo en las células de los peces (Barboza et al., 2018; Bour, Haarr, Keiter, & Hylland, 2018; Brennecke, Duarte, Paiva, Caçador, & Canning-Clode, 2016; Cruz Carrillo, Moreno Figueredo, & Lara Osorio, 2010; FAO, 2017; P. Ferreira, Fonte, Soares, Carvalho, & Guilhermino, 2016; Lusher et al., 2017;

Macfadyen, Huntington, & Cappell, 2011; Neves, Sobral, Ferreira, & Pereira, 2015; Oliveira, Ribeiro, Hylland, & Guilhermino, 2013).

El levantamiento de la información (línea base) ayudó a conocer la concentración de microplástico para aportar conocimiento sobre este tema que es una problemática mundial que involucra la salud de los seres vivos y de los ecosistemas.

1.4. Delimitación de la investigación

La investigación se realizó en el contorno de la Isla Santay. Sus coordenadas geográficas aproximadas en el centro son 02°13'S 079°50'E.

- **Espacio:** El humedal Isla Santay (Ver anexo Figura 7), se encuentra en el curso del río Guayas, límite natural de los cantones Guayaquil y Durán, La isla Santay tiene 2.179 hectáreas.
- **Tiempo:** 6 meses

1.5. Objetivo general

Describir la ocurrencia de microplásticos en el sedimento de la Isla Santay mediante flotación por densidad y observación morfológica para obtención de una línea base para investigaciones futuras.

1.6. Objetivos específicos

1. Identificar los microplásticos encontrados en las muestras de sedimento de la Isla Santay.
2. Determinar el tamaño de mayor frecuencia y la forma de los microplásticos.
3. Registrar una línea base de la ocurrencia de microplásticos en los sedimentos de la Isla Santay para futuras investigaciones.

1.7. Hipótesis

La presencia de microplásticos en la Isla Santay aparecerá con mayor frecuencia en un tamaño entre 0,5mm y 2mm.

2. Marco teórico

2.1. Estado del arte

A nivel global el estudio de microplásticos se encuentra en aumento; por consiguiente, las investigaciones en Latinoamérica son escasas. De acuerdo con la bibliografía consultada se detallan artículos encontrados a fin a este proyecto los cuales en su mayoría han sido realizados en China. Esto ocurre porque este país es el mayor consumidor de plástico a nivel mundial (PlasticsEurope, 2017).

En China se cuantificaron los microplásticos en los estuarios de Jiaojiang, Oujiang y Minjiang. La mayor densidad de microplásticos se encontró en Minjiang, después Jiaojiang y Oujiang; la razón se atribuye a las estructuras económicas en los estuarios urbanos (estuarios rodeados de urbe que se encuentran influenciados exponencialmente por actividades industriales). Las fibras y los gránulos fueron las formas que más se encontraron (Zhao, Zhu, & Li, 2015).

En el mar de China Oriental y el estuario de Yangtze se caracterizó a los microplásticos suspendidos cuantitativa y cualitativamente. Las partículas fueron extraídas a través de flotación. Los microplásticos fueron contados y categorizados según la forma y el tamaño bajo un estereomicroscopio. Las densidades de microplásticos fueron 4137.3 ± 2461.5 y 0.167 ± 0.138 n / m³, respectivamente, en las muestras de estuario y mar. Se observaron partículas plásticas (> 5 mm) con un tamaño máximo de 12.46 mm, pero las micropartículas (0.5–5 mm) constituyeron más del 90% por número de elementos. Las geometrías más frecuentes fueron las fibras, seguidas de gránulos y películas (Zhao, Zhu, Wang, & Li, 2014).

En Hong Kong se realizó una recolección de mesoplásticos (> 5 mm) y microplásticos (0,315–5 mm) en 25 playas a lo largo de la costa. Más del 90%

fueron microplásticos. Los análisis mostraron poliestireno expandido (EPS) 92%, fragmentos 5% y los pellets 3%. La abundancia media para Hong Kong fue de 5595 partículas / m². Este número es más alto que los promedios internacionales, lo que indica que Hong Kong es un punto caliente de contaminación de plástico. Las cantidades de mesoplásticos y microplásticos de los mismos tipos se correlacionaron positivamente (Fok & Cheung, 2015).

En China, específicamente en el Tíbet se tomaron muestras de sedimentos a la orilla de cuatro lagos dentro de la cuenca de Siling. Los microplásticos se detectaron en 6 de 7 sitios de muestreo con abundancias que oscilaron entre 8 ± 14 y 563 ± 1219 elementos / m². El aporte fluvial podría haber contribuido a la gran abundancia de microplásticos observados en esta área remota. Las características morfológicas sugieren que se derivan de la descomposición de los productos plásticos de uso diario. Se identificaron polietileno, polipropileno, poliestireno, poli (tereftalato de etileno) y cloruro de polivinilo usando espectroscopia láser Raman. Estos resultados demuestran la presencia de microplásticos incluso en lagos interiores en áreas remotas con un impacto humano muy bajo (Zhang et al., 2016).

En China se analizaron 53 muestras de sedimentos de estuarios recolectados dentro del estuario de Changjiang. Se extrajeron Microplásticos, los cuales fueron observados bajo un microscopio y se clasificaron según la forma, el color y el tamaño; los tipos más abundantes son la fibra (93%), transparente (42%) y microplásticos pequeños (<1 mm) (58%). La concentración media fue de 121 ± 9 unidades por kg de peso seco. Se encontró que la concentración de microplásticos era la más alta en la costa sureste de Shanghai (Peng et al., 2017).

En la zona litoral del río Beijiang, China se analizaron los sedimentos. Las concentraciones de microplásticos oscilaron entre 178 ± 69 y 544 ± 107

partículas/kg de sedimento. La meteorización química de microplásticos también se observó y confirmó mediante μ -FTIR. El contenido de metales (Ni, Cd, Pb, Cu, Zn y Ti) en microplásticos después de la limpieza ultrasónica se analizó por ICP-MS (Wang et al., 2017).

En el área de remanso del río Xiangxi, China se estudió la distribución y características de los microplásticos. Los microplásticos en los sedimentos con concentraciones que oscilaron entre 80 a 864 partículas por m^2 . Los resultados de este estudio confirman la presencia de microplásticos de gran abundancia en los tributarios impactados en el yacimiento, y sugieren que la condición hidrodinámica regulada por el nivel del agua y la entrada de fuentes no puntuales son reguladores importantes para la acumulación y distribución de microplásticos en el área de remanso de los tributarios del reservorio (Zhang et al., 2017).

En Shanghai, China se analizaron los sedimentos de los ríos en la zona urbana más grande. Se tomaron muestras de siete sitios y también se incluyó una planicie de mareas para comparar con muestras de ríos. La abundancia promedio de microplásticos en seis muestras de sedimento de río fue de 802 partículas por kg de peso seco. Las esferas microplásticas blancas se distribuyeron más comúnmente en los sedimentos de los ríos. Se identificaron siete tipos de microplásticos, de los cuales el polipropileno fue el polímero más predominante (Peng, Xu, Zhu, Bai, & Li, 2018).

En el lago Qinghai, China se detectaron microplásticos con abundancia de 50 a 1292 elementos m^2 en el sedimento de la orilla del lago. Los microplásticos estaban predominantemente en forma de láminas y fibras en las muestras de agua, pero eran más diversos en las muestras de sedimentos a la orilla del lago. Los tipos de polímeros de microplásticos fueron principalmente de polietileno (PE) y

polipropileno (PP). Especialmente, la abundancia de microplástico fue la más alta en la parte central del lago, probablemente debido al transporte de la corriente lacustre (Xiong et al., 2018).

En el Lago Vembanad de la India se recolectaron 10 muestras de sedimentos para encontrar microplásticos y se procesaron para la extracción de este mediante separación por densidad. La abundancia de microplásticos registrados está en el rango de 96 a 496 partículas m^2 con una abundancia media de 252.80 ± 25.76 partículas m^2 . El polietileno de baja densidad se ha identificado como el tipo dominante de los microplásticos en este estudio (Sruthy & Ramasamy, 2017).

En la isla de Norderney en Alemania se llevó a cabo la distribución espacial de microplásticos (<1 mm) en sedimentos de playa estudiándose un tramo de 500 m de la isla. Se extrajeron macropartículas de 36 muestras de sedimento de 1 kg y se analizaron mediante inspección microscópica. El número medio de microplásticos en los tres sitios de muestreo fue de 1.7, 1.3 y 2.3 partículas por kg de sedimento seco (Dekiff, Remy, Klasmeier, & Fries, 2014).

En Oostende, Bélgica se creó un método que propone la reducción de la muestra por elutriación seguida de una separación por densidad utilizando una solución de NaI (yoduro de sodio) para extraer microplásticos del sedimento e invertebrados. Para fibras y gránulos, se observó un aumento del 23% y del 39%, la eficiencia de extracción del PVC aumentó en un 100%. La extracción de microesferas produjo rendimientos altos (94–98%). Para las fibras, las eficiencias fueron altamente variables (0 a 98%), dependiendo del tipo de polímero (Claessens, Van Cauwenberghe, Vandeghechuchte, & Janssen, 2013).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Estuarios

Los estuarios son ecosistemas que brindan una variedad de servicios ecológicos y económicos (Beck et al., 2001; Costanza et al., 2014). Se caracterizan por fuertes gradientes ambientales, causados principalmente por la mezcla de descargas de ríos y la intrusión de agua oceánica (Lima, Costa, & Barletta, 2014). El balance de estos proporciona una gran variación en los parámetros oceanográficos dentro de un área relativamente pequeña y semicerrada, que resulta en una diversidad de hábitats, complejidad de factores naturales e interferencias antrópicas, incluida la contaminación (Barletta, Lucena, Costa, Barbosa-Cintra, & Cysneiros, 2012; Liu, Liu, Yuan, Liu, & Lam, 2018; Reis et al., 2016). Además, los gradientes estuarinos son altamente susceptibles a las variaciones estacionales que afectan los patrones de uso del hábitat por los conjuntos de peces y la disponibilidad de contaminantes (Barletta et al., 2012; Liu et al., 2018).

2.2.1.1. Interrelación de los plásticos en los ecosistemas estuarinos

La composición de los plásticos y su asociación con las actividades humanas genera impactos relevantes en el funcionamiento del ecosistema (Oberbeckmann, Kreikemeyer, & Labrenz, 2018; de Souza Machado, Kloas, Zarfl, Hempel, & Rillig, 2018; Ferreira, Barletta, & Lima, 2019).

Los peces estuarinos están expuestos a la pérdida de hábitat, los cambios en la hidrodinámica y la mala calidad del agua; afectando los servicios ecológicos (Mário Barletta, Lima, & Costa, 2019; Blaber & Barletta, 2016; Wenger et al., 2017). Los peces son vulnerables, a la contaminación por microplásticos durante la alimentación (Browne, Niven, Galloway, Rowland, & Thompson, 2013; Rochman, Hoh, Kurobe, & Teh, 2013). Esta preocupación emergente se debe a los informes

de que los hábitats estuarinos están muy contaminados con microplásticos (Lebreton et al., 2017; Lusher et al., 2017). Además, los depredadores principales son susceptibles ya que están expuestos a la ingestión directa como a la transferencia trófica de una presa contaminada (Ver anexo Figura 8), (G. V. B. Ferreira, Barletta, & Lima, 2019; P. Ferreira et al., 2016; Nelms, Galloway, Godley, Jarvis, & Lindeque, 2018; Wright, Thompson, & Galloway, 2013).

Los conocimientos sobre la relación entre los aspectos ecológicos específicos de la especie y la ingesta de microplásticos solo han ganado atención por la contaminación en peces de importancia comercial pero las demás especies siguen sin estudios y los resultados no son concluyentes ya que no se analizan todos los factores ambientales (Mário Barletta et al., 2019; G. V. B. Ferreira et al., 2019).

2.2.1.2. Isla Santay

El humedal Isla Santay está por debajo de los cinco metros sobre el nivel del mar y corresponde a dos islas de formación sedimentaria y un tramo del río Guayas, localizadas en el inicio del estuario del Río Guayas que tiene una longitud de sesenta kilómetros hasta su descarga en el Golfo de Guayaquil. En su trayecto recoge aportes de otros ríos, formando el estuario más grande de la costa occidental de América del Sur (Fundación Malecón 2000, 2008).

Desde el año 2000 la Isla no tiene problemas graves en la extracción de recursos naturales. Sin embargo la contaminación de la aguas del río Guayas, debido a las descargas de la ciudad de Guayaquil, Durán y ciudadelas del cantón Samborondón resultan un problema para las Islas (Fundación Malecón 2000, 2008).

2.2.1.2.1. Características físicas del sitio

La isla Santay posee suelos de textura arcillosa que se encharcan con las mareas “vivas” así como durante la estación lluviosa, haciéndose lodosos y

resbaladizos. En la época seca se contraen en bloques con grietas, típico de los suelos arcillosos. Los suelos ubicados en la zona intermareal son limosos en la parte oriental de la isla, a diferencia de los suelos arenos – arcillosos de la parte occidental, donde la corriente del río Guayas es más fuerte. El área del humedal tiene una fuerte influencia de la marea. En el Río Guayas, a la altura de Guayaquil y de la Isla Santay, la fase de creciente dura aproximadamente 5 horas 15 minutos y la vaciante 7 horas 10 minutos. Debido al movimiento de la marea y a la descarga de los ríos que arrastran gran cantidad de sedimentos sus aguas son turbias (Fundación Malecón 2000, 2008).

2.2.1.2.2. Características ecológicas generales:

En las Islas Santay y El Gallo se han registrado 12 especies de reptiles, 2 especies de anfibios, 13 especies de mamíferos, 128 especies de aves y cinco especies de mangle. Estas proporcionan hábitat para varias especies de animales amenazados de extinción en el ámbito mundial y/o bajo régimen de protección por la legislación nacional. La isla es un refugio obligado para adultos y estados larvales de varias especies (peces, camarones, crustáceos e invertebrados) de agua dulce y marinas que pasan parte de su ciclo de vida o todo en aguas estuarinas. Ellos utilizan los esteros y raíces del manglar como hábitat (Aguilar Mugica et al., 2009; Fundación Malecón 2000, 2008).

2.2.2. Desechos marinos

Son cualquier material sólido persistente (independientemente del tamaño) que se fabrica o procesa y, directa o indirectamente, intencional o involuntariamente, se desecha o abandona en el medio ambiente marino o en los lagos. Se generan a partir de actividades terrestres y se transportan por cualquier medio, incluidos los ríos / arroyos, sistemas de drenaje, alcantarillado o vientos, o por actividades

marinas (Niaounakis, 2017). Los residuos plásticos representan aproximadamente el 70% de los desechos marinos (Iwasaki, Isobe, Kako, Uchida, & Tokai, 2017).

2.2.1.1. Residuos marinos de plásticos

Es una subcategoría de desechos marinos. Basura compuesta de materiales sintéticos derivados de compuestos basados en combustibles fósiles. Los residuos plásticos marinos incluyen artículos de consumo, componentes industriales; y artículos relacionados con la pesca o la acuicultura. Pueden clasificarse como macroplásticos, mesoplásticos, microplásticos y nanoplásticos (Niaounakis, 2017).

2.2.3. Tipos de residuos plásticos

Existen varias versiones o categorizaciones dependiendo de los autores; algunos categorizan los residuos plásticos en tres rangos (Andrady, 2011; Barnes, Galgani, Thompson, & Barlaz, 2009; Galgani et al., 2013) otros en dos rangos (Thompson, 2004; Van Cauwenberghe, Devriese, Galgani, Robbens, & Janssen, 2015).

Para este estudio definimos que los microplásticos se pueden dividir en macroplásticos (20 mm de diámetro), mesoplásticos (5–20 mm), microplásticos (<5 mm) y nanoplásticos (< 1mm) (Barnes et al., 2009; Cole et al., 2011; Gregory, 1996; Iwasaki et al., 2017).

2.2.3.1. Nanoplásticos

Fracción de partículas sintéticas más pequeña basada en similitudes con las nanopartículas diseñadas por ingeniería genética (Hüffer, Praetorius, Wagner, von der Kammer, & Hofmann, 2017). El término "nanopartícula" se ha definido como una partícula que está entre 1 nm y 100 nm (Da Costa, Santos, Duarte, & Rocha-Santos, 2016; Gigault et al., 2018).

La definición de "nanoplásticos" se encuentra en discusión dentro de la comunidad científica y los responsables de la toma de decisiones (Da Costa, Santos, Duarte, & Rocha-Santos, 2016; Hüffer, Praetorius, Wagner, von der Kammer, & Hofmann, 2017; Giedrė Ašmonaitė & Carney, 2019; Gigault et al., 2018).

2.2.3.2. Microplásticos

Los microplásticos generalmente se refieren a plásticos de tamaño <5 mm que se originan de los exfoliantes utilizados en muchos productos para el cuidado personal, partículas abrasivas, fibras sintéticas o la descomposición de productos plásticos grandes. Existen fuentes primarias y secundarias (Ver anexo Figura 9) (Arthur, J., & H., 2009; Cole et al., 2011; Gregory, 1996; Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson, & Thiel, 2012; Ryan et al., 2009; Zhang et al., 2018).

2.2.3.2.1. Fuentes primarias

Son plásticos que se liberan directamente al medio ambiente en forma de partículas pequeñas (productos de limpieza y cosméticos). La mayoría de las pérdidas de microplásticos primarios (98%) se generan a partir de actividades terrestres. Sólo el 2% se genera a partir de actividades en el mar. La mayoría de las emisiones a los océanos se producen por el uso de productos (49%) o el mantenimiento de productos (28%). Las principales vías de estos hacia el océano son a través de escorrentía (66%), sistemas de tratamiento de aguas residuales (25%) y transferencia de viento (7%) (Cole et al., 2011; Gregory, 1996; Julien Boucher, Damien Friot, 2017).

2.2.3.2.2. Fuentes secundarias

Son originados por la degradación de elementos plásticos más grandes en fragmentos más pequeños una vez expuestos al medio ambiente marino (Ver

anexo Figura 10). Esto sucede a través de la fotodegradación y otros procesos de intemperización (Cole et al., 2011; Julien Boucher, Damien Friot, 2017; Thompson, 2004).

2.2.3.3. Mesoplásticos

Los mesoplásticos son partículas de plástico grandes, como los gránulos de resina virgen. Se definen en un rango de 5 a 10 mm (Collignon, Hecq, Galgani, Collard, & Goffart, 2014; Fish, 2012; GESAMP (eds.) et al., 2015; Verschoor, 2015; Young & Elliott, 2016).

2.2.3.4. Macroplásticos

Son residuos plásticos grandes (>20mm) como las botellas o envases de productos que usamos en la vida cotidiana, estos residuos son los que podemos ver a simple vista incluso a distancias cuando están aglomerados (Blettler, Ulla, Rabuffetti, & Garelo, 2017; Eriksen et al., 2014; Fish, 2012).

2.2.4. Propiedades fisicoquímicas y degradación de los plásticos

Las propiedades que confieren a los plásticos como la resistencia y la durabilidad, son las que dificultan su degradación en el medio acuático. Los plásticos son estructuras químicas complejas compuestas de átomos. La forma en que estos átomos se configuran entre sí tiene una influencia directa en las propiedades individuales del mismo. Las propiedades como la rigidez, la tenacidad y la temperatura de transición vítrea se atribuyen directamente a los átomos que comprenden un material. Además, la cristalinidad tendrá una influencia significativa en la densidad, la transparencia y la dureza. Estas diferentes propiedades determinan directamente la persistencia y degradación de los materiales en el medio ambiente acuático (Crawford & Quinn, 2017).

2.2.5. Degradación plástica

La degradación de los plásticos se puede definir como cualquier proceso que resulte en la ruptura de estas grandes cadenas. Hay dos formas principales en que esto puede ocurrir; Biótico y abiótico (Crawford & Quinn, 2017).

2.2.5.1. Degradación biótica

2.2.5.1.1. Etapa 1 – Degradación

El oxígeno, la humedad, el calor, la luz ultravioleta o las enzimas microbianas rompen los enlaces carbono-carbono de las cadenas de polímeros, lo fragmenta el plástico. El grado en que estos diversos factores tienen algún efecto depende de la estructura molecular del polímero (Crawford & Quinn, 2017).

2.2.5.1.2. Etapa 2 – Biodegradación

Una vez que el polímero se ha fragmentado, las cadenas de polímero de carbono más cortas pasan a través de las paredes celulares microbianas. El carbono en las cadenas se utiliza como alimento y energía de los microbios, antes de convertirse en biomasa, agua, dióxido de carbono o gases de metano; esto depende de si las condiciones son aeróbicas o anaeróbicas. La conversión de este carbono significa que se ha producido la biodegradación por parte de los microbios (Crawford & Quinn, 2017).

2.2.5.2. Degradación abiótica

La degradación abiótica de los plásticos se refiere a la intemperie de los materiales plásticos debido a factores ambientales, como la fuerza mecánica, la temperatura, la luz, los gases y el agua (Crawford & Quinn, 2017).

2.2.6. Susceptibilidad de plásticos en diferentes zonas marinas.

Debido a diversos procesos de degradación, la velocidad y los efectos de la degradación del plástico son muy diferentes (Ver anexo Tabla 6). Los

microplásticos están expuestos a cantidades significativas de calor y frío, así como cantidades abundantes de luz solar. Los plásticos varados son susceptibles a procesos termooxidantes y fotooxidativos, además de estar expuestos a ambientes ácidos después de la ingestión por la vida silvestre (Ver anexo Figura 11). Por el contrario, los plásticos en los sedimentos oceánicos profundos son inmunes a la luz solar y experimentan un frío sostenido y una presión extrema (Crawford & Quinn, 2017).

2.2.7. Técnicas para cuantificar y analizar microplástico

Existen algunas técnicas y métodos para separar, cuantificar y analizar los microplásticos (Claessens et al., 2013; Imhof, Schmid, Niessner, Ivleva, & Laforsch, 2012; Mausra & Foster, 2015; Piqué & Vázquez, 2012; Thompson, 2004).

2.2.7.1. Elutriación

Es un dispositivo para extraer microplásticos del sedimento según el principio de elutriación (Ver anexo Figura 12). La elutriación es un proceso que separa las partículas más ligeras de las más pesadas utilizando una corriente ascendente de gas o líquido. Está formado por una columna de PVC, equipada con un tamiz de 1 mm en la parte superior y una pantalla de malla de 35 μm en la parte inferior (Claessens et al., 2013).

2.2.7.2. Separador de sedimentos plásticos de Munich (SSPM)

Permite una separación de diferentes tamaños de partículas de plástico en sedimentos. Usa cloruro de zinc (1.6–1.7 kg / L) como fluido de separación permite la extracción de partículas plásticas que van desde fragmentos grandes a partículas microplásticas pequeñas (S-MPP, <1 mm). La identificación y cuantificación subsiguientes de las partículas con resolución espacial de hasta 1 μm (Ver anexo Figura 13) (Imhof, Schmid, Niessner, Ivleva, & Laforsch, 2012).

2.2.7.3. Flotación por densidad

Es la primera técnica aplicada para la cuantificación de microplásticos. Esta técnica consiste en hacer que las partículas plásticas floten en el agua debido a la diferencia de densidad entre la partícula y el agua (Simons, 1963; Thompson, 2004). Existen algunos químicos que se utilizan para el tratamiento de flotación como cloruro de zinc, cloruro de calcio, cloruro de sodio, yoduro de sodio, formiato de potasio y politungstato de sodio (Hanvey et al., 2017; Li et al., 2018; Zhang et al., 2018).

Esta es la técnica más comúnmente reportada combinada con la filtración (Claessens et al., 2013; Dekiff et al., 2014; Hanvey et al., 2017; Li et al., 2018; Rocha-Santos & Duarte, 2015; Van Cauwenberghe et al., 2015; Zhang et al., 2018). Generalmente implica cuatro pasos principales:

1. Introducción de solvente acuoso de densidad específica
2. Mezcla por períodos de tiempo definidos
3. Un tiempo de equilibrio de sedimentación
4. Filtración a fracciones de tamaño específico.

2.2.7.4. Tipos de tecnologías usadas en el microscopio

Existen métodos variados para analizar en el laboratorio las micropartículas adheridas en los filtros (Ver anexo Tabla 7). En la tabla se describe las ventajas y desventajas de cada método (Li et al., 2018).

2.3. Marco legal

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art 57.- Se reconoce y garantizará a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, de conformidad con la Constitución y con los pactos, convenios, declaraciones y demás instrumentos internacionales de derechos humanos.

Mantener, proteger y desarrollar los conocimientos colectivos; sus ciencias, tecnologías y saberes ancestrales; los recursos genéticos que contienen la diversidad biológica y la agrobiodiversidad; sus medicinas y prácticas de medicina tradicional, con inclusión del derecho a recuperar, promover y proteger los lugares rituales y sagrados, así como plantas, animales, minerales y ecosistemas dentro de sus territorios; y el conocimiento de los recursos y propiedades de la fauna y la flora.

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales: El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

Art. 404.- El patrimonio natural del Ecuador único e invaluable comprende, entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación, recuperación y promoción. Su gestión se sujetará a los principios y garantías consagrados en la Constitución y se llevará a cabo de acuerdo con el ordenamiento territorial y una zonificación ecológica, de acuerdo con la ley.

Art. 405.- El sistema nacional de áreas protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas. El sistema se integrará por los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado, y su rectoría y regulación será ejercida por el Estado. El Estado asignará los recursos económicos necesarios para la sostenibilidad financiera del sistema, y fomentará la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades que han habitado ancestralmente las áreas protegidas en su administración y gestión.

Art. 406.- El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros.

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

2.3.2. Convenio de Estocolmo

El Convenio de Estocolmo entró en vigor el 17 de mayo de 2004 y fue ratificado por Ecuador el 7 de junio del mismo año, impulsado por el Ministerio del Ambiente. Hace un llamado a la reducción o eliminación de la liberación de los contaminantes orgánicos persistentes, que podrían traducirse en menores niveles de concentración de estos compuestos en el ambiente.

Los productos químicos conocidos como contaminantes orgánicos persistentes (COP) actúan como poderosos plaguicidas o sirven para una gama de fines industriales. Algunos se emiten como subproductos no deliberados de la combustión y los procesos industriales. El nivel de riesgo varía entre ellos, pero todos coinciden en cuatro propiedades:

- 1) Son altamente tóxicos
- 2) Son persistentes y tienen una duración de años, incluso décadas, antes de degradarse en formas menos peligrosas
- 3) Se evaporan y se desplazan largas distancias a través del aire y el agua.
- 4) Se acumulan en el tejido adiposo.

El Convenio aborda el problema que plantean estos productos químicos tóxicos centrandose su labor en los 21 contaminantes orgánicos persistentes más peligrosos que se han creado.

El Convenio abarca dos familias de productos químicos que son únicamente subproductos no deliberados, las dioxinas policloradas y los furanos. Estos compuestos no tienen utilización comercial. Las dioxinas y los furanos resultan de la combustión y de los procesos industriales tales como la producción de plaguicidas, de cloruro de polivinilo y otras sustancias cloradas.

2.3.3. Convención Ramsar

La Convención sobre los Humedales es el tratado que ofrece el marco para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos. Se adoptó en la ciudad iraní de Ramsar en 1971 y entró en vigor en 1975. Ecuador se anexó a La Convención Ramsar, el 7 de enero de 1991.

Existen 1970 sitios Ramsar con 190.737.829 hectáreas en el mundo de los cuales catorce están en Ecuador con una extensión de 202.597 hectáreas. El humedal Isla Santay es el 1040 sitio Ramsar en el mundo y fue declarado así el 31 de octubre de 2000. Los argumentos para ser declarada Ramsar a pesar que es una zona sumamente alterada son: brinda refugio a un gran número de especies, conserva una gran diversidad biológica debido a su ubicación en la región ecotona, cumple los requisitos de la Lista Ramsar con respecto a los tres Criterios de biodiversidad y a los dos Criterios relativos a los peces. Es probablemente la única zona de nidificación conocida para la *Amazona autumnalis*, especie amenazada (Molina, 2012).

2.3.4. Área de Importancia para la Conservación de las aves (IBAs)

El Programa de Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (IBAs, del inglés Important Bird Areas) de BirdLife International es una iniciativa global enfocada en la identificación, documentación y conservación de una red de sitios críticos para las aves del mundo.

En Ecuador se inició en 1997 y hasta la actualidad se han identificado 109 IBAs, 99 pertenecen al continente o son islas continentales y 10 se encuentran en la región insular de Galápagos. La Isla Santay ha sido declarado como Área de Importancia para las Aves (AIA o IBA por sus siglas en inglés) con el código EC027 por ser un sitio de congregación de *Aratynga erythrogegens*, especie considerada bajo riesgo de extinción, y *Carduelis siemiradzki* [VU].

2.3.5. Código Orgánico Ambiental (COA)

LIBRO PRIMERO

DEL REGIMEN INSTITUCIONAL

Art. 17.- De la investigación ambiental. El Estado deberá contar con datos científicos y técnicos sobre la biodiversidad y el ambiente, los cuales deberán ser actualizados permanentemente.

LIBRO SEGUNDO

DEL PATRIMONIO NATURAL

Art. 30.- Objetivos del Estado. Los objetivos del Estado relativos a la biodiversidad son:

1. Conservar y usar la biodiversidad de forma sostenible;
2. Mantener la estructura, la composición y el funcionamiento de los ecosistemas, de tal manera que se garantice su capacidad de resiliencia y su la posibilidad de generar bienes y servicios ambientales;
3. Establecer y ejecutar las normas de bioseguridad y las demás necesarias para la conservación, el uso sostenible y la restauración de la biodiversidad y de sus componentes, así como para la prevención de la contaminación, la pérdida y la degradación de los ecosistemas terrestres, insulares, oceánicos, marinos, marino-costeros y acuáticos;

5. Proteger los recursos genéticos y sus derivados y evitar su apropiación indebida;

8. Promover la investigación científica, el desarrollo y transferencia de tecnologías, la educación e innovación, el intercambio de información y el fortalecimiento de las capacidades relacionadas con la biodiversidad y sus productos, para impulsar la generación del bioconocimiento;

Art. 31.- De la conservación de la biodiversidad. La conservación de la biodiversidad se realizará in situ o ex situ, en función de sus características ecológicas, niveles de endemismo, categoría de especies amenazadas de extinción, para salvaguardar el patrimonio biológico de la erosión genética, conforme a la política formulada por la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 35.- De la protección de la especies de vida silvestre. Para la protección de la vida silvestre, se establecen las siguientes condiciones a las personas naturales y jurídicas:

- Proteger todas las especies nativas de vida silvestre terrestres, marinas y acuáticas con especial preocupación por las especies endémicas, las amenazadas de extinción, las migratorias y las listadas por instrumentos internacionales ratificados por el Estado.
- Proteger los hábitats, ecosistemas y áreas de importancia biológica, de los que dependen las especies de vida silvestre;
- Coordinar acciones interinstitucionales para la conservación in situ de especies de vida silvestre que sean afectadas, o que puedan resultar afectadas por actividades antropogénicas;

Art. 36.- De los mecanismos para la conservación in situ. Los mecanismos para la conservación in situ de la biodiversidad son los siguientes:

1. El Sistema Nacional de Areas Protegidas;
2. Las áreas especiales para la conservación de la biodiversidad;

Art. 37.- Del Sistema Nacional de Areas Protegidas. El Sistema Nacional de Areas Protegidas estará integrado por los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado. Su declaratoria, categorización, recategorización, regulación y administración deberán garantizar la conservación, manejo y uso sostenible de la biodiversidad, así como la conectividad funcional de los ecosistemas terrestres, insulares, marinos, marino-costeros y los derechos de la naturaleza.

Las áreas protegidas serán espacios prioritarios de conservación y desarrollo sostenible. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados deberán incorporar las áreas protegidas a sus herramientas de ordenamiento territorial.

En las áreas protegidas se deberán establecer limitaciones de uso y goce a las propiedades existentes en ellas y a otros derechos reales que sean necesarias para asegurar el cumplimiento de sus objetivos de conservación. El Estado evaluará, en cada caso, la necesidad de imponer otras limitaciones.

Se prohíbe el fraccionamiento de la declaratoria de áreas protegidas. Sin perjuicio de lo anterior, los posesionanos regulares o propietarios de tierras dentro de un área protegida, que lo sean desde antes de la declaratoria de la misma, mantendrán su derecho a enajenar, fraccionar y transmitir por sucesión estos derechos sobre estas tierras. Con respecto del fraccionamiento de tierras comunitarias se observarán las restricciones constitucionales.

La Autoridad Ambiental Nacional realizará evaluaciones técnicas periódicas con el fin de verificar que las áreas protegidas cumplan con los objetivos reconocidos para las mismas. De ser necesario y considerando los resultados de dichas

evaluaciones técnicas, la Autoridad Ambiental Nacional podrá redelimitarlas o cambiarlas de categoría bajo las consideraciones técnicas, según corresponda.
 Art. 38.- Objetivos. Las áreas naturales incorporadas al Sistema Nacional de Areas Protegidas, cumplirán con los siguientes objetivos:

- 7. Proteger las bellezas escénicas y paisajísticas, sitios de importancia histórica, arqueológica o paleontológica, así como las formaciones geológicas;
- 10. Impulsar alternativas de recreación y turismo sostenible, así como de educación e interpretación ambiental;
- 11. Garantizar la conectividad funcional de los ecosistemas en los paisajes terrestres, marinos y marino-costeros;

Art. 39.- De los principios del Sistema Nacional de Areas Protegidas. La gestión y administración del Sistema Nacional de Areas Protegidas deberá basarse en los principios ambientales de la Constitución y en los principios de intangibilidad y de conservación, así como en los criterios de manejo integral, representatividad, singularidad, complementariedad y gestión intersectorial.

Art. 40.- Declaratoria de áreas protegidas. La Autoridad Ambiental Nacional considerará los siguientes criterios para la declaratoria de áreas protegidas:

2. Que contenga de forma prioritaria alguno de los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, manglares, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, ecosistemas marinos y marinos costeros, entre otros;
3. Que existan poblaciones de especies que tengan algún tipo de amenaza o endemismo;
4. Que genere servicios ecosistémicos, tales como recursos hídricos, recursos paisajísticos, prevención de desastres, mitigación;

Art. 41.- Categorías de manejo. Las categorías que conforman el Sistema Nacional de Areas Protegidas se administrarán de la siguiente manera:

1. Parque nacional;
2. Refugio de vida silvestre;
3. Reserva de producción de fauna;
4. Area nacional de recreación; y,
5. Reserva Marina.

Art. 56.- De los tipos de áreas especiales para la conservación de la biodiversidad. Las áreas especiales para la conservación de la biodiversidad son las siguientes:

1. Areas o sitios reconocidos por instrumentos internacionales ratificados por el Estado;
2. Zonas de amortiguamiento ambiental;
3. Corredores de conectividad; y,
4. Servidumbres ecológicas.

En la normativa secundaria se establecerá el procedimiento para delimitar las áreas especiales para la conservación de la biodiversidad.

Art. 58.- Areas reconocidas por instrumentos internacionales. La Autoridad Ambiental Nacional impulsará el establecimiento de áreas especiales de importancia para la conservación de humedales, de las aves, del patrimonio mundial, cultural y natural, entre otras.

Art. 103.- Disposiciones sobre el ecosistema manglar. El ecosistema manglar es un bien del Estado, el mismo que está fuera del comercio, no es susceptible de posesión o cualquier otro medio de apropiación, y sobre él no puede adquirirse el dominio ni ningún otro derecho real por prescripción; y solamente podrá ser

aprovechado sosteniblemente mediante concesión otorgada o renovada por el Ministerio rector del ámbito pesquero.

LIBRO TERCERO

DE LA CALIDAD AMBIENTAL

Art. 160.- Del Sistema Unico de Manejo Ambiental. El Sistema Unico de Manejo Ambiental determinará y regulará los principios, normas, procedimientos y mecanismos para la prevención, control, seguimiento y reparación de la contaminación ambiental.

Art. 161.- Criterios y normas técnicas. La Autoridad Ambiental Nacional, deberá dictar y actualizar periódicamente los criterios y normas técnicas que garanticen la calidad ambiental y de los componentes bióticos y abióticos, así como los límites permisibles; para ello coordinará con las autoridades nacionales competentes.

Art. 190.- De la calidad ambiental para el funcionamiento de los ecosistemas. Las actividades que causen riesgos o impactos ambientales en el territorio nacional deberán velar por la protección y conservación de los ecosistemas y sus componentes bióticos y abióticos, de tal manera que estos impactos no afecten a las dinámicas de las poblaciones y la regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, o que impida su restauración.

Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto.

Art. 197.- Actividades que afecten la calidad del suelo. Las actividades que afecten la calidad o estabilidad del suelo, o que puedan provocar su erosión, serán reguladas, y en caso de ser necesario, restringidas. Se priorizará la conservación de los ecosistemas ubicados en zonas con altas pendientes y bordes de cuerpos hídricos, entre otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 198.- Monitoreo y seguimiento de la calidad de sedimentos. La Autoridad Ambiental Nacional o los Gobiernos Autónomos Descentralizados Competentes, según corresponda, realizarán el seguimiento y monitoreo de la calidad ambiental por medio del análisis de sedimentos, de conformidad con las normas técnicas expedidas para el efecto.

Art. 201.- De los mecanismos. El control y seguimiento ambiental puede efectuarse por medio de los siguientes mecanismos:

1. Monitoreos;
2. Muéstreos;
3. Inspecciones;
4. Informes ambientales de cumplimiento; 5. Auditorías Ambientales;
6. Vigilancia ciudadana o comunitaria; y,
7. Otros que establezca la Autoridad Ambiental Competente.

En las normas secundarias que emita la Autoridad Ambiental Nacional se establecerá el mecanismo de control que aplique según el impacto generado conforme lo previsto en este Código.

Art. 209.- Muestreo. La Autoridad Ambiental Nacional expedirá las normas técnicas y procedimientos que regularán el muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos.

Los análisis se realizarán en laboratorios públicos o privados de las universidades o institutos de educación superior acreditados por la entidad nacional de acreditación. En el caso que en el país no existan laboratorios acreditados, la entidad nacional podrá reconocer o designar laboratorios, y en última instancia, se podrá realizar con los que estén acreditados a nivel internacional.

Art. 210.- Información de resultados del muestreo. Cuando la Autoridad Ambiental Competente realice muestreos para el control de una emisión, descarga o vertido deberá informar sobre los resultados obtenidos al operador, en conjunto con las observaciones técnicas que correspondan.

Las tomas de muestras se realizarán con un representante del operador o fedatario designado para este fin, los funcionarios de la autoridad competente de control y un representante del laboratorio acreditado. Cuando se realicen de oficio o por denuncia la toma de muestras, no será necesaria la presencia del representante del operador.

Art. 225.- Políticas generales de la gestión integral de los residuos y desechos. Serán de obligatorio cumplimiento, tanto para las instituciones del Estado, en sus distintos niveles y formas de gobierno, regímenes especiales, así como para las personas naturales o jurídicas, las siguientes políticas generales:

1. El manejo integral de residuos y desechos, considerando prioritariamente la eliminación o disposición final más próxima a la fuente;
2. La responsabilidad extendida del productor o importador;
3. La minimización de riesgos sanitarios y ambientales, así como fitosanitarios y zoonosológicos;
4. El fortalecimiento de la educación y cultura ambiental, la participación ciudadana y una mayor conciencia en relación al manejo de los residuos y desechos;
5. El fomento al desarrollo del aprovechamiento y valorización de los residuos y desechos, considerándolos un bien económico con finalidad social, mediante el establecimiento de herramientas y mecanismos de aplicación;
6. El fomento de la investigación, desarrollo y uso de las mejores tecnologías disponibles que minimicen los impactos al ambiente y la salud humana;
7. El estímulo a la aplicación de buenas prácticas ambientales, de acuerdo con los avances de la ciencia y la tecnología, en todas las fases de la gestión integral de los residuos o desechos;
8. La aplicación del principio de responsabilidad compartida, que incluye la internalización de costos, derecho a la información e inclusión económica y social, con reconocimientos a través de incentivos, en los casos que aplique;
9. El fomento al establecimiento de estándares para el manejo de residuos y desechos en la generación, almacenamiento temporal, recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final;
10. La sistematización y difusión del conocimiento e información, relacionados con los residuos y desechos entre todos los sectores;
11. La jerarquización en la gestión de residuos y desechos; y,
12. Otras que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 226.- Principio de jerarquización. La gestión de residuos y desechos deberá cumplir con la siguiente jerarquización en orden de prioridad:

1. Prevención;
2. Minimización de la generación en la fuente;
3. Aprovechamiento o valorización;
4. Eliminación; y,
5. Disposición final.

La disposición final se limitará a aquellos desechos que no se puedan aprovechar, tratar, valorizar o eliminar en condiciones ambientalmente adecuadas y tecnológicamente factibles.

Art. 233.- Aplicación de la Responsabilidad extendida Productor sobre la gestión de residuos y desechos no peligrosos, peligrosos y especiales. Los productores tienen la responsabilidad de la gestión del producto en todo el ciclo de vida del mismo. Esta responsabilidad incluye los impactos inherentes a la selección de los materiales, del proceso de producción y el uso del producto, así como lo relativo al tratamiento o disposición final del mismo cuando se convierte en residuo o desecho luego de su vida útil o por otras circunstancias.

Art. 245.- Obligaciones generales para la producción más limpia y el consumo sustentable. Todas las instituciones del Estado y las personas naturales o jurídicas, están obligadas según corresponda, a:

1. Incorporar en sus propias estructuras y planes, programas, proyectos y actividades, la normativa y principios generales relacionados con la prevención de la contaminación, establecidas en este Código;
2. Optimizar el aprovechamiento sustentable de materias primas;
3. Fomentar y propender la optimización y eficiencia energética así como el aprovechamiento de energías renovables;
4. Prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes al ambiente, considerando el ciclo de vida del producto;
5. Fomentar procesos de mejoramiento continuo que disminuyan emisiones;
6. Promover con las entidades competentes el acceso a la educación para el consumo sustentable;
7. Promover el acceso a la información sobre productos y servicios en base a criterios sociales, ambientales y económicos para la producción más limpia y consumo sustentable;
8. Coordinar mecanismos que faciliten la transferencia de tecnología para la producción más limpia;
9. Minimizar y aprovechar los desechos; y,
10. Otros que la Autoridad Ambiental Nacional dicte para el efecto.

LIBRO SEPTIMO

DE LA REPARACIÓN INTEGRAL DE DAÑOS AMBIENTALES Y REGIMEN SANCIONADOR

Art. 289.- Determinación del daño ambiental. La Autoridad Ambiental Nacional determinará los lineamientos y criterios para caracterizar, evaluar y valorar el daño ambiental, así como las diferentes medidas de prevención y restauración. Para ello, podrá solicitar o recibir el apoyo y colaboración de las instituciones públicas o privadas, así como de instituciones científicas y académicas.

La Autoridad Ambiental Nacional validará la metodología para la valoración del daño ambiental. Entre los criterios básicos para la determinación del daño ambiental, se considerará el estado de conservación de los ecosistemas y su integridad física, la riqueza, sensibilidad y amenaza de las especies, la provisión de servicios ambientales, los riesgos para la salud humana asociados al recurso afectado y los demás que establezca la Autoridad Ambiental Nacional.

2.3.6. Ordenanza Municipal

“ORDENANZA PARA REGULAR LA FABRICACIÓN, EL COMERCIO DE CUALQUIER TIPO, DISTRIBUCIÓN Y ENTREGA DE PRODUCTOS PLÁSTICOS DE UN SOLO USO Y ESPECÍFICAMENTE DE SORBETES PLÁSTICOS, ENVASES, TARRINAS, CUBIERTOS, VASOS, TAZAS DE PLÁSTICO Y DE FOAM Y FUNDAS PLÁSTICAS TIPO CAMISETA, INCLUSIVE OXOBIODEGRADABLES, EN EL CANTÓN GUAYAQUIL”

Artículo 1. Objeto.- El objeto de la presente Ordenanza es adoptar medidas para regular la fabricación, el comercio de todo tipo, distribución y entrega de productos plásticos de un solo uso y específicamente de sorbetes plásticos, tarrinas, utensilios, vasos, tazas de plástico y de foam y fundas plásticas de un solo uso tipo camiseta, inclusive oxobiodegradables, en el cantón Guayaquil. Así mismo, fomentar la disminución del consumo de plásticos de un solo uso y el desarrollo de la economía circular mediante la re-valorización de materiales provenientes de los residuos y/o sustituirlos por materiales de origen vegetal biodegradables para prevenir los impactos negativos de los residuos del plástico de un solo uso.

Artículo 2. Ámbito.- Esta Ordenanza es de aplicación obligatoria en el cantón Guayaquil. Por ende, vincula a las personas naturales y jurídicas, públicas y privadas, que desarrollen actividades en la misma, sea de manera temporal o permanente.

Artículo 4. Productos plásticos de un solo uso.- Para el objeto de la presente Ordenanza se consideran productos plásticos de un solo uso a:

- Bolsas plásticas, oxobiodegradables, fragmentables y/o desechables tipo camiseta para el acarreo de productos.
- Tarrinas plásticas, incluyendo sus tapas, vajilla y cubiertos plásticos, vasos, tazas, tapas para vasos y tazas, removedores y mezcladores, recipientes plásticos de un solo uso para el transporte de alimentos, elaborados con polipropileno, poliestireno PS, Teraftalato de polietileno, PET, oxobiodegradables o fragmentables.
- Envases, tarrinas, incluyendo sus tapas, vajilla y cubiertos, vasos, tazas, tapas para vasos y tazas, removedores y mezcladores, elaborados con espuma flex (FOAM o Espuma EPS poliestireno expandido, termoformado, oxobiodegradables o fragmentables).
- Sorbetes plásticos elaborados con Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), Plástico Oxobiodegradable o Plástico Fragmentable y sus derivados.

3. Materiales y métodos

3.1. Enfoque de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Descriptiva: Se realizó la descripción del fenómeno de la ocurrencia de micropartículas plásticas en el sedimento de la Isla Santay; el mismo que forma parte principal del suelo, realizándose la caracterización del tamaño, forma y frecuencia con la que ocurre su aparición en la Isla.

Bibliográfica: Se realizó una extensa búsqueda bibliográfica para encontrar los métodos más idóneos en la definición del protocolo de muestras y tratamiento de estas. Ya que el tema es poco conocido a nivel nacional, la búsqueda está orientada hacia otros continentes más avanzados en el tema de microplásticos como Europa y Asia en su mayoría.

Exploratoria: Fue exploratoria porque no existe mucha información al respecto por ende, es un tema relativamente nuevo y carece de normativas regulatorias incluso a nivel internacional.

3.1.2. Diseño de investigación

Investigación no experimental o de campo: La toma de muestras se realizó en el contorno de la Isla Santay y no se alteraron química ni físicamente el comportamiento y la estructura de las partículas de plástico. Se realizó la observación en el laboratorio mediante tratamiento previo (flotación por densidad) la ocurrencia, analizándose el tamaño y la forma presente en cada litro de sedimento tomado.

3.2. Metodología

3.2.1. Variables

3.2.1.1. *Variable independiente*

- Número de estaciones de muestreo
- Forma (fibras, películas, pelets, espuma)
- Tamaño (> 0.5 mm, > 1 mm, > 2 mm, > 3 mm)

3.2.1.2. *Variable dependiente*

- Ocurrencia del tamaño y forma del microplástico

3.2.2. Recolección de datos

Para este proyecto se tomaron muestras en las cuatro zonas previstas: norte (N), sur (S), este (E) y oeste (O) del sedimento de la isla con el fin de obtener las muestras y sus tres puntos de muestreo en cada zona. Para la ejecución de esta investigación se utilizaron materiales tanto físicos como digitales. Se usó información bibliográfica (artículos científicos) como guía ante la escasa información legal y técnica acerca de los procedimientos para el tratamiento y cuantificación de los microplásticos.

3.2.3.1. *Recursos Materiales*

- **Para la determinación del protocolo:** Computadora, internet, artículos científicos y libros.
- **Para el muestreo:** Cuchara de acero inoxidable, frasco de vidrio de boca ancha, piola, estacas de madera o metal, cinta métrica, hielera, botas, gps.
- **Para el tratamiento de la muestra:** Papel aluminio, guantes de nitrilo, agua destilada, tamiz de acero inoxidable (5 mm de poro, 3 mm de poro, 2 mm, 0.6 mm), peróxido de hidrogeno 30% a 60°C, cloruro de sodio (1.2 g ml⁻¹), placas Petri, pinzas (ver anexo Figura 20 y Figura 21).

- **Para análisis de resultados:** regla, lupa, lámpara, microscopio.

3.2.3.2. Métodos

La búsqueda bibliográfica fue parte esencial de esta metodología ya que no existe información de procedimientos estandarizados al ser nueva a nivel nacional y local. Después de analizar y estudiar bibliográficamente la aplicabilidad de múltiples técnicas, la metodología propuesta para esta investigación fue una combinación de procedimientos y técnicas de muestreo (Horton, Svendsen, Williams, Spurgeon, & Lahive, 2016; Peng et al., 2018; Su et al., 2018; Zhao et al., 2015) con algunas modificaciones que lo requiere al tener diferentes condiciones geográficas, disponibilidad de materiales y costos.

Se solicitó un permiso de investigación científica al Ministerio de ambiente el 13 de marzo del 2019 pagando una tasa de 20\$, ya que al ser área protegida el permiso de investigación era de carácter obligatorio (ver anexo Figura 15); este permiso tiene vigencia de un año a partir de la fecha de autorización (ver anexo Figura 16).

Se tomó una canoa que partió a las 11 am el 2 de septiembre del 2019 en marea alta desde la ciudad de Guayaquil; el recorrido a la isla junto con la actividad de recoger las muestras de sedimentos duró aproximadamente 2 horas, esta actividad estuvo resguardada por un policía nacional, el biólogo José Andrés Morán y dos acompañantes más (ver anexo Figura 17).

Técnica de muestreo

Para la selección de las cuatro estaciones, se dividió en norte, sur, este y oeste, en cada tramo, se colocó una estación de muestreo en la que los sedimentos fueron abundantes y no interfirió significativamente la marea (Horton et al., 2016) (ver anexo Figura 7).

Se tomaron cuatro estaciones como punto de referencia y en cada estación, se tomaron por triplicado muestras a intervalos de un metro a lo largo de un transecto de 3 m. Las muestras se tomaron a lo largo del contorno, tomando como guía el estudio realizado por Horton et al.,(2016).

Se tomaron las tres réplicas de un litro de sedimento de cada estación sobre la superficie con una cuchara de acero inoxidable y se colocó el material colectado en un envase de vidrio de un litro, evitándose, en lo posible, el exceso de agua (Horton et al., 2016).

Técnica de separación

Para descartar partículas superiores al tamaño de los microplásticos, las muestras fueron tamizadas con agua destilada usando una malla de 5 mm de poro (Sruthy & Ramasamy, 2017) y se repitió el tamizado dos veces para reducir errores (ver anexo Figura 18). Se dejó secar el sedimento tamizado por 24 horas a temperatura ambiente y se pesó el sedimento seco usando la balanza digital marca Sartorius en los laboratorios de botánica de la universidad (ver anexo Figura 19). Una vez reducido el tamaño de la muestra, se colocó sobre el sedimento reducido peróxido de hidrógeno al 30% durante la noche para degradar el material orgánico dentro de la muestra (Peng et al., 2017; Xiong et al., 2018). Los frascos fueron revisados cada 24 horas verificando si el material orgánico fue disuelto. En las muestras en las cuales no fue disuelto se repitió el proceso completamente se agregó mas peróxido y se esperó 24 horas más.

Técnica de flotación por densidad

Para la flotación del microplástico contenido en las muestras se disolvió cloruro de sodio en agua destilada para preparar una solución salina concentrada (1.2 g L⁻¹). Esta solución fue añadida a cada vaso de vidrio en el que se colocó previamente

el sedimento y se agitó manualmente con una varilla de vidrio limpia durante dos minutos (Peng et al., 2017). Luego, se colocaron los cuatro tamices de acero inoxidable uno sobre otro en orden inverso a su tamaño de poro (3 mm, 2 mm, 1 mm y 0.5 mm) para reducir la muestra y resumirla a los rangos de interés.

Posteriormente, el sobrenadante permaneció durante 24 horas en la solución de cloruro de sodio (Peng et al., 2017), para ser sometido al proceso de filtración mediante el uso de un tamiz metálico el cual se encargó de retener las partículas de interés (ver anexo Figura 22). Las partículas fueron colocadas en placas Petri para análisis con microscópico o lupa (ver anexo Figura 23).

Durante el proceso de la toma, tratamiento y análisis de las muestras, se utilizaron guantes de nitrilo, para el tratamiento de las muestras también se usó bata de laboratorio de algodón y gafas de protección, se lavaron todos los recipientes con agua destilada mientras no se usaron (Zhang et al., 2017).

3.2.3. Diagrama de flujo para la cuantificación de la ocurrencia de los microplásticos en los sedimentos de la Isla Santay

En la figura 14 (anexo) se muestra un diagrama de flujo simplificado del proceso llevado a cabo en el estudio de la ocurrencia de Microplásticos en los sedimentos de la Isla Santay.

El primer paso para asegurar que los resultados fueron los adecuados fue el diseño del protocolo en donde se detallarán los procedimientos adecuados. Una vez realizado el diseño del protocolo, en la ejecución del mismo se obtuvieron muestras las cuales fueron tratadas con peróxido de hidrógeno y flotación con densidad, tamizadas y analizadas para cuantificarlas y clasificarlas según la forma y tamaño.

3.2.4. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando histogramas para hacer referencia a los tamaños y formas de los microplásticos. Este histograma y el gráfico de frecuencia de aparición contiene los cuatro puntos de muestreo representados por tamaño de partícula y forma o material constitutivo, de esta manera se facilitó el análisis para conocer cuál rango de tamaño se repitió con mayor frecuencia. También permitió constatar el resultado total de las partículas separadas según la forma o material constitutivo y el tamaño para lograr la comparación del número total de partículas por cada punto de muestreo.

En otro histograma se describió la totalidad de las partículas encontradas y clasificadas de acuerdo a la forma o material constitutivo. La forma de los microplásticos expresados se encuentra respaldada en la revisión bibliográfica de artículos científicos similares donde se demostraron las formas más comunes. Y otro gráfico muestra la ocurrencia de las partículas de acuerdo a su tamaño de manera global.

4. Resultados

4.1. Microplásticos encontrados en las muestras de sedimento de la Isla Santay

Se siguió la metodología propuesta en el capítulo anterior y las coordenadas de los puntos muestreados se detallan en Tabla 5 (anexo). A continuación, se detallan los tratamientos aplicados a las muestras para degradar el material orgánico.

Tabla 1. Descripción del tratamiento aplicado en las muestras de sedimento

No.	Tratamientos	Descripción	Dosis		Frecuencia de Aplicación (Días)
			Peso de sedimento seco (g)	$H_2 O_2$ (ml) NACI (g)	
N1	$H_2 O_2 + NACI$	Para degradar materia orgánica y suspender las partículas	15,4582	100 1,2g Lt	2 - 4
N2	$H_2 O_2 + NACI$	Para degradar materia orgánica y suspender las partículas	15,3157	50 1,2g Lt	2 - 4
N3	$H_2 O_2 + NACI$	Para degradar materia orgánica y suspender las partículas	17,1560	50 1,2g Lt	2 - 4
E1	$H_2 O_2 + NACI$	Para degradar materia orgánica y suspender las partículas	15,3459	50 1,2g Lt	2 - 4
E2	$H_2 O_2 + NACI$	Para degradar materia orgánica y suspender las partículas	17,8970	100 1,2g Lt	2 - 4
E3	$H_2 O_2 + NACI$	Para degradar materia orgánica y suspender las partículas	14,5623	100 1,2g Lt	2 - 4
O1	$H_2 O_2 + NACI$	Para degradar materia orgánica y suspender las partículas	17,7127	50 1,2g Lt	2 - 4
O2	$H_2 O_2 + NACI$	Para degradar materia orgánica y suspender las partículas	16,7584	100 1,2g Lt	2 - 4
O3	$H_2 O_2 + NACI$	Para degradar materia orgánica y suspender las partículas	17,9768	100 1,2g Lt	2 - 4
S1	$H_2 O_2 + NACI$	Para degradar materia orgánica y suspender las partículas	15,9789	50 1,2g Lt	2 - 4
S2	$H_2 O_2 + NACI$	Para degradar materia orgánica y suspender las partículas	15,3422	50 1,2g Lt	2 - 4
S3	$H_2 O_2 + NACI$	Para degradar materia orgánica y suspender las partículas	14,4581	50 1,2g Lt	2 - 4

Describe la cantidad de peroxido aplicado a la muestra (N=norte, E=este, O=oeste, S=sur) para degradar material orgánico.

Gonzalez, 2019

En la tabla 2 se detalla el tratamiento aplicado a cada muestra después de haber sido tamizado, secado y retenido las micropartículas. Los pesos de sedimento seco variaron entre 1 y 3 gramos aproximadamente y esto no tiene relación directa con el contenido de partículas plásticas en cada muestra. El sedimento fue secado a temperatura ambiente por 24 horas ayudado con una lámpara sobre el tamiz para que el calor de la luz acelerara el proceso. La cantidad de peróxido de hidrógeno ($H_2 O_2$ al 30%) aplicada a cada muestra de sedimento seco se usó para degradar el contenido orgánico; lado norte (N1, N2 y N3), lado este (E1, E2, E3), lado Oeste (O1, O2, O3) y lado sur (S1, S2, S3) varió entre 50ml y 100ml, es decir, que algunas de las muestras necesitaron de una segunda aplicación de $H_2 O_2$. Esta segunda dosis aplicada podría ser debido al contenido de material orgánico que varió en cada punto de muestreo, por lo cual el material orgánico de varias de las muestras tardo mas tiempo en degradarse, por esta razón fue necesaria la aplicación de 50 ml más de peróxido, cantidad agregada hasta que los compuestos orgánicos se lograron disolver al 100% posterior a la primera aplicación de $H_2 O_2$.

Tabla 2. Cantidad de partículas encontradas por muestra

Puntos de muestreo	Punto 1 (Unidades)	Punto 2 (Unidades)	Punto 3 (Unidades)	Total por estación
Norte	82	77	85	244
Este	60	58	57	175
Oeste	60	65	58	183
Sur	29	34	27	90

Gonzalez, 2019.

La tabla 2 describe a manera general la cantidad de partículas encontradas en cada litro de sedimento. El total de microplásticos encontrado en Isla Santay es de 692 unidades. En punto de muestreo norte se contaron mayor cantidad de microparticulas representando un total de 244 unidades (35,28%) a diferencia de las anteriores. El siguiente el punto de muestreo oeste representado por 183 unidades (26,33%), observándose poca diferencia con respecto al punto este donde se encontraron un numero de 175 unidades (25,29%). El punto de muestreo donde se cuantificaron menos partículas fue el sur con 90 (13%).

En los objetivos de este estudio no estaba contemplada la cuantificación de los mesoplásticos (5mm-10mm) al momento de realizar el primer filtrado con el tamiz de tamaño de malla de 5mm estos se lograron extraer contabilizándose unas 19 unidades totales, la variación de la aparición de los mesoplasticos de 1 a 2 unidades por muestra. En todas las muestras colectadas se encontró al menos 1 partícula considerada mesoplástico de acuerdo con la literatura (Eriksen et al., 2014); estas unidades representan el 2,67% de la masa total plástica (microplásticos=692 + mesoplásticos=19) encontrada en la Isla Santay.

4.2. Tamaño de mayor frecuencia y la forma de los microplásticos.

El tamaño de mayor frecuencia y la forma de los microplásticos se detalla a continuación por medio de tablas e histogramas mostrando la cantidad de partículas contabilizadas para cada tamaño de interés:

Tabla 3. Cantidad de partículas encontradas por tamaño

Punto de muestreo	>0,5mm	>1mm	>2mm	>3mm y <5mm
N1	28	26	15	13
N2	25	28	10	14
N3	33	30	12	10
E1	21	22	8	9
E2	21	20	9	8
E3	22	17	11	7
O1	27	19	8	6
O2	20	19	14	12
O3	22	18	10	8
S1	11	9	5	4
S2	14	11	6	3
S3	12	11	3	1
Total	256	230	111	95

Se describe la cantidad de partículas plásticas encontradas por tamaño en cada estación.

Gonzalez, 2019.

La tabla 3 muestra las partículas encontradas clasificadas de acuerdo con su tamaño (0.5mm-5mm), están contabilizadas por cada litro y en cuatro rangos

(>0.5mm, >1mm, >2mm y >3mm). Dentro de cada litro de sedimento muestreado los tamaños que más se repiten son los mayores a 0,5mm hasta llegar A 2mm.

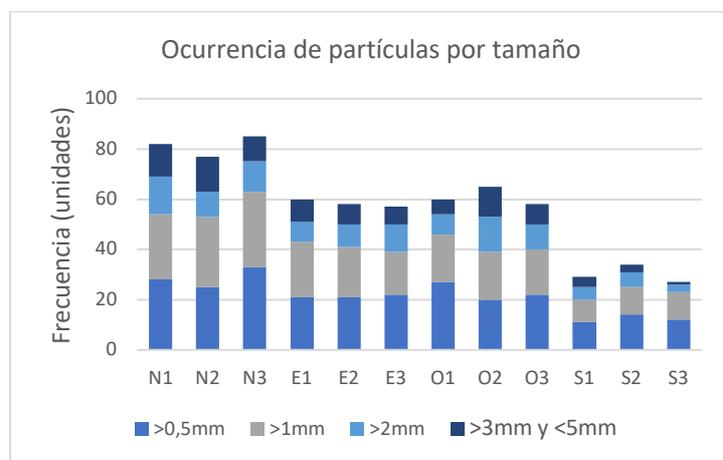


Figura 1. Ocurrencia de partículas por tamaño
Gonzalez, 2019.

En la figura 1 se muestra la ocurrencia del tamaño en cada una de las tres muestras tomadas en el lado norte (N1, N2 y N3), este (E1,E2,E3), oeste (O1,O2,O3) y sur (S1, S2 y S3), en donde los tamaños oscilaron entre 0,5mm a 1mm los cuales se encontraron con mayor frecuencia (256 unidades) representando el 36,9%, seguido por el tamaño de 1mm a 2mm con el 33,2% (230 unidades), las micropartículas de mayor tamaño 2 mm se representan un 16,4% (111 unidades) y las y menores a 3 mm con el 13,7% (95 unidades).

Tabla 4. Número de partículas separadas por su forma o estructura constitutiva

Punto de muestreo	FIBRAS	PELÍCULAS	FRAGMENTOS	FOAM
N1	33	21	28	0
N2	28	26	23	0
N3	35	23	27	0
E1	25	13	21	1
E2	28	17	11	2
E3	29	11	15	2
O1	23	21	16	0
O2	34	14	17	0
O3	24	14	20	0
S1	12	6	9	2
S2	19	5	9	1
S3	15	4	7	1
Total	305	175	203	9

Se describe la cantidad de partículas encontradas clasificadas por tamaño en cada punto de muestreo.
Gonzalez, 2019.

En la tabla 4 se detalla la frecuencia de las partículas plásticas encontradas en cada litro de sedimento, cuantificadas según su forma (ver anexo Figura 24); es decir, fibras, películas, fragmentos y foam. Las variables fueron colocadas conforme a la metodología y según las formas encontradas. La variable pellets fue omitida en las tablas y los histogramas porque no se encontró ninguna partícula dentro de esa categoría, pero se añadió otra forma encontrada que fueron los fragmentos, los cuales aparecieron abundantemente.

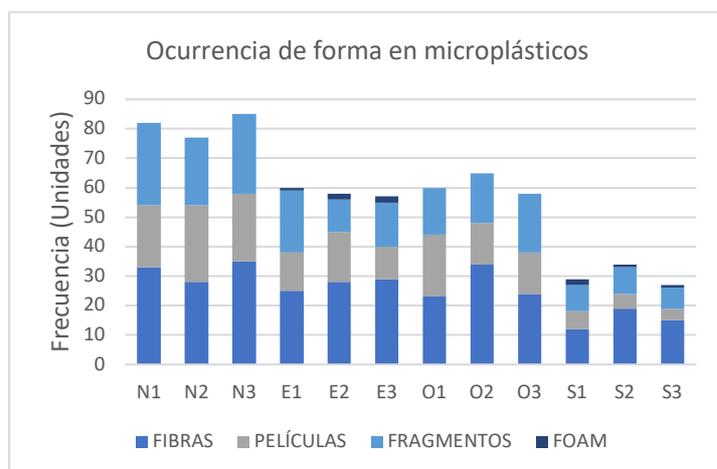


Figura 2. Ocurrencia de forma en microplásticos
Gonzalez, 2019.

La forma constitutiva con mayor número de ocurrencia fueron las fibras con el 44,08% (305 unidades) las cuales superaron en mayor cantidad a los fragmentos con el 29,34% (203 unidades), la siguiente forma fueron las películas las cuales se repitieron en un 25,28% (175 unidades) y por último con bastante diferencia se presentaron los foam con el 1,30% (9 unidades) de frecuencia de aparición en los sedimentos muestreados de la isla santay.

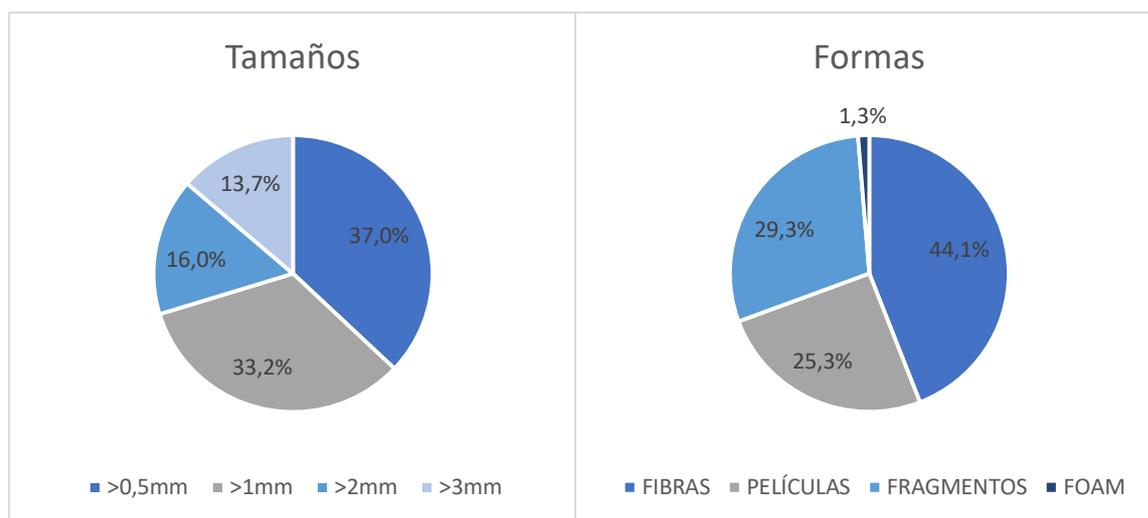


Figura 3. porcentajes de tamaño y forma
Gonzalez, 2019.

La figura 5 describe el total de partículas presentadas tanto en el tamaño como en la forma o estructura constitutiva. El tamaño de las partículas que ocurre con mayor frecuencia son los mayores a 0,5mm representando el 36% del 100% de la masa plástica; entre las partículas con tamaño mayor a 1 mm su frecuencia bajó hasta llegar al 33.23%; los tamaños mayores a 3mm y 2mm disminuyeron su aparición significativamente con el 16% y 13.72%. Se pudo observar que a medida que se acercan al tamaño límite (5mm) su frecuencia va disminuyendo. Para la distribución por formas las fibras representan el 44,1% seguido de los fragmentos con el 20,3%, las películas representan un 25,3% y el foam solo el 1,3%

4.3. Línea base de la ocurrencia de microplásticos en los sedimentos de la Isla Santay para futuras investigaciones

A continuación, se muestra la distribución de microplásticos encontrados en los puntos de muestreo.

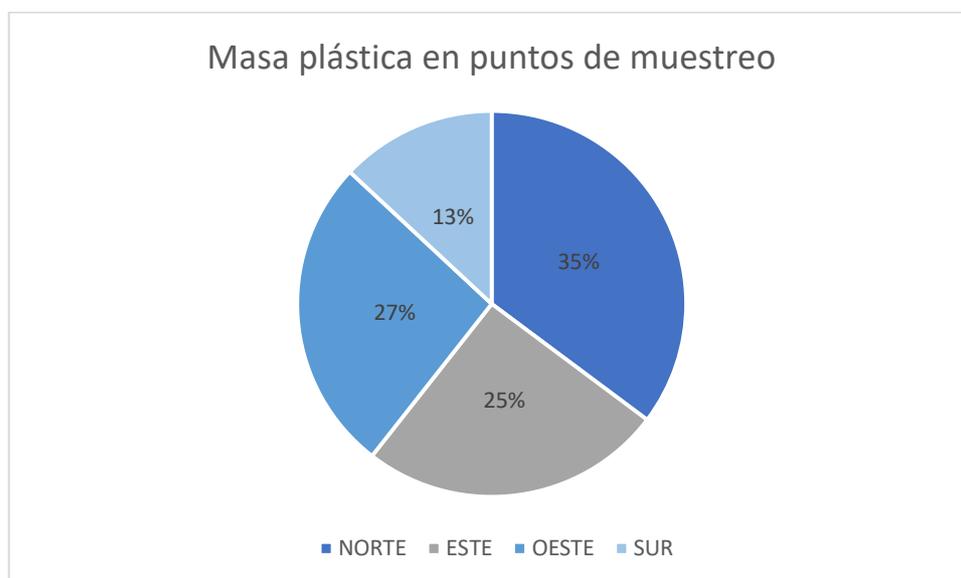


Figura 4. Microplásticos totales encontrados
Gonzalez, 2019.

La figura 3 muestra que el lado norte de la Isla Santay fue el más contaminado por los microplásticos representado por un 35,26% del total de micropartículas encontradas en el estudio; seguido el punto de muestreo localizado en el oeste con el 26,44% (estación frente a Guayaquil), el este con 25,28% (estación frente a Durán) y por último la que muestra menor microplásticos es la del sur con 13% de la masa plástica. Este comportamiento es el resultado de la posición geográfica de la Isla (ubicada en la Cuenca baja); a simple vista se esperaría de que el este y el oeste contengan más partículas debido a la influencia de las urbes de la provincia del Guayas, pero si se toma el otro factor que es la ubicación de la isla la cual puede interferir en el hecho de que estas partículas encontradas se vean favorecidas a viajar a través del cauce del río desde la cuenca alta; en el recorrido de las

partículas se adhieren material ya sea orgánico o mineral haciendo que tengan más peso y precipiten, depositándose en los sedimentos de la isla.

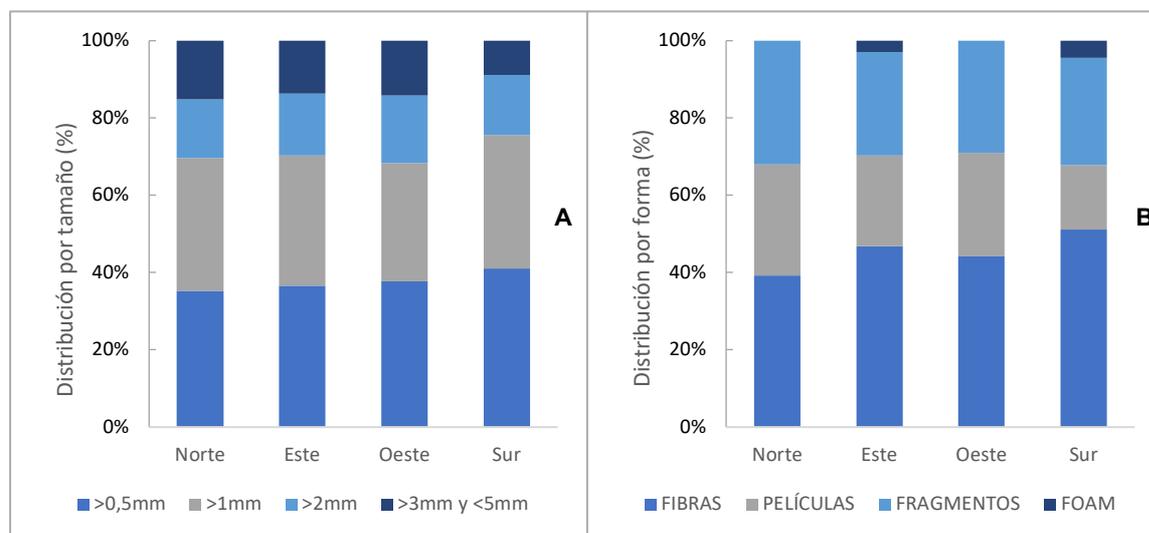


Figura 5. (A) distribución de tamaño (B) distribución por forma Gonzalez, 2019.

La figura 4 presenta la distribución de tamaños y forma de acuerdo con cada estación. En todas las estaciones respecto al rango el mayor porcentaje que se repite están entre 5mm y 1 mm. Respecto a las formas o estructura constitutiva frecuentemente encontradas son las fibras presente en todos los puntos de muestreo con un gran porcentaje. En los puntos de muestreo Norte y Oeste no aparecieron partículas en la categoría de foam, solo en los puntos de muestreo Este y Sur, pero su aporte fue mínimo.

Se realizó un mapa temático con una imagen obtenida del satélite de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) para reflejar los resultados usando GIS. Se exportaron los puntos de localización con el GPS y mediante el uso de la información geográfica se pudo graficar los puntos de localización y la frecuencia con la que se repiten, tanto en tamaño como en forma. Se usaron otras capas base con la finalidad de tener una mejor visión y entendimiento respecto a la geolocalización de la masa plástica encontrada en el estudio.

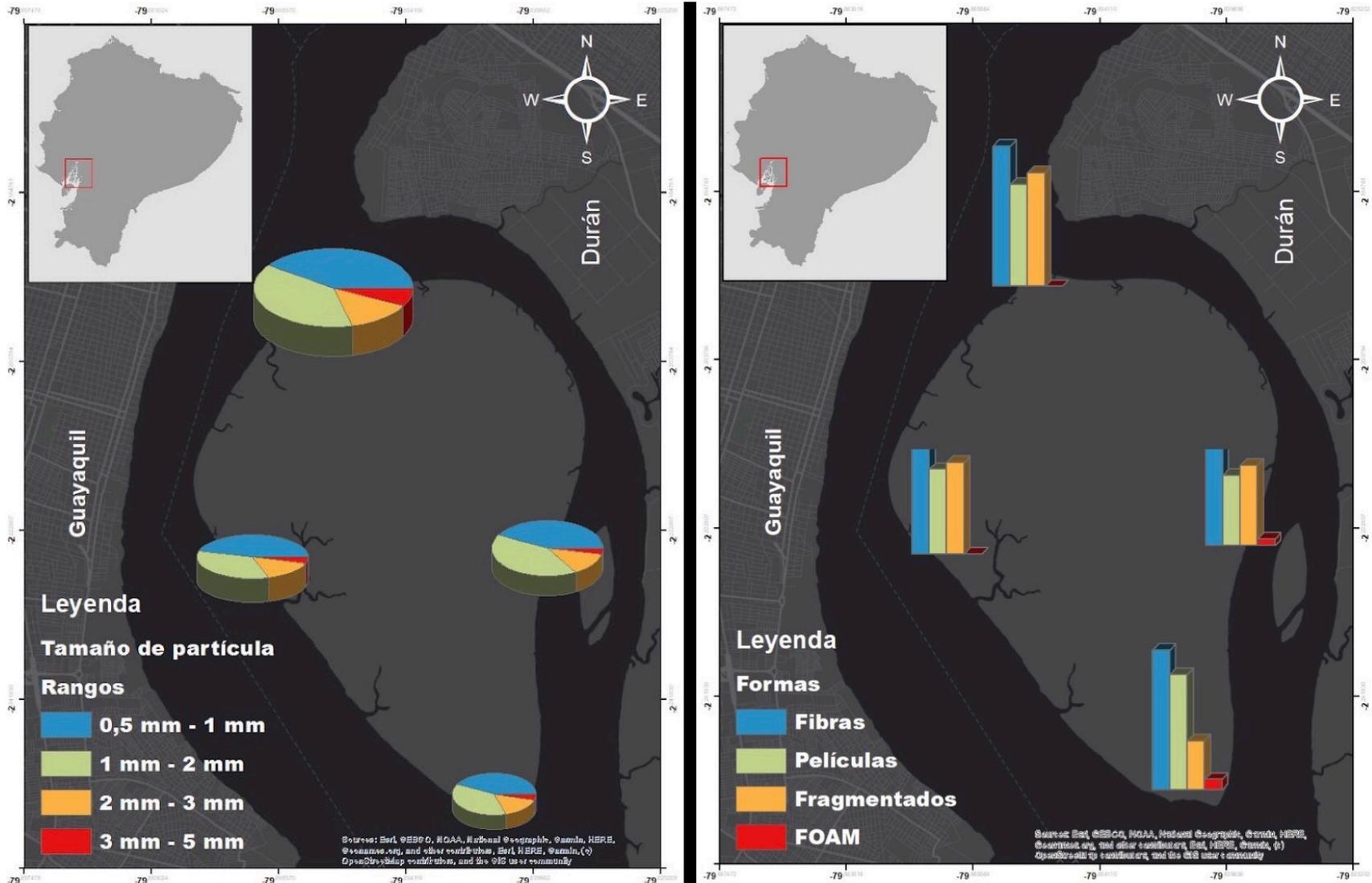


Figura 6. Mapa temático con la distribución de forma y tamaño Gonzalez, 2019.

5. Discusión

A partir de los resultados obtenidos en este estudio que muestran la presencia de microplásticos en los sedimentos de la Isla Santay, donde se demuestra que la ocurrencia de estos es mayor entre los 0,5mm y 2mm lo cual comprueba afirmativamente la hipótesis planteada donde se infería que el tamaño con mayor frecuencia en su ocurrencia era de 0,5mm a 2mm.

Los hallazgos encontrados en el presente estudio respecto a la forma o estructura constitutiva de microplásticos más frecuente aparición; fueron las fibras, las cuales coinciden con el estudio realizado en el estuario de Yangtze, ubicado en China, realizado por Zhao, Zhu, Wang y Li en el 2014. También coincide con otro estudio realizado en tres estuarios (Jiaojiang, Oujiang y Minjiang) ubicados en China y realizado por Zhao, Zhu, & Li en el 2015, donde las fibras fueron las que se presentaron con mayor frecuencia. En ambos estudios mencionados (Jiaojiang, Oujiang, Minjiang y Yangtze) se encontraron también gránulos como una de las formas mas frecuentes difiriendo del presente estudio, en el cuál las mas frecuentes fueron las fibras, los fragmentos y las películas, sin haberse encontrado ningún gránulo. Los gránulos se refieren a pequeñas esferas que provienen generalmente de los productos de limpieza y cosméticos; estos pueden guardar relación a la industrialización y consumo masivo de productos que los contengan, por ejemplo: exfoliantes, detergentes y artículos de belleza.

Acerca del total de plásticos encontrados en la Isla Santay, incluidos los mesoplásticos (19 unidades) y microplásticos (692) tiene una similitud con el estudio realizado en Hong Kong por Fok y Cheung en los años 2015 donde mas del 90% de la frecuencia de aparición fueron los microplásticos. Los resultados respecto a las formas mas frecuentes en Hong Kong no se relacionan con el de la

Isla Santay. La distribución de sus formas es significativamente diferente: Foam 92% fragmentos 5% y pellets 3%.

Los autores Peng, Xu, Zhu, Bai, y Li, en el 2018 demostraron en su estudio realizado en Shanghai, China que el 58% de las unidades encontradas (802 partículas) pertenecían a tamaños inferiores a 1mm. Estos valores carecen de conexión con el presente trabajo ya que para la Isla Santay los tamaños superiores a 1mm abarcan el 62,9%; es decir que aparecen microplásticos grandes con mayor frecuencia. Según las formas presentadas en ambos estudios existes ciertas similitudes respecto a las formas mas recurrentes como las fibras y los fragmentos, con la escaza diferencia que no se encontraron pellets en los sedimentos de la Isla.

Aunque las ciudades de Guayaquil y Durán son las urbes mas grandes de la provincia del Guayas e influyen sobre la contaminación de plásticos en la Isla, los resultados demostraron que la frecuencia con que aparecen las partículas en los sedimentos es considerablemente menor al estudio realizado en los estuarios de Jiaojiang, Oujiang y Minjiang en China por Zhao, Zhu, & Li en el 2015. China es uno de los principales productores de Plástico a nivel mundial (PlasticsEurope, 2017) y sus niveles industriales son mayores que Ecuador, “la razón se atribuye a las estructuras económicas en los estuarios urbanos” (Zhao et al., 2015).

Los microplásticos aparecen en diferentes escenarios o ecosistemas ya sean acuáticos o terrestres, y según ello debería existir un protocolo de tratamiento de muestra previo al análisis y cuantificación; como es el caso de las playas donde su proceso de cuantificación en línea de marea u orilla es mucho mas fácil que en los casos de sedimentos o suelos estuarinos ya que se encuentran mojados y es más difícil la extracción de estas partículas. En un documento emitido por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) se sugiere un protocolo para el

tratamiento de microplásticos en ambientes marinos y no se contempla a los estuarios como parte de ello; adicional a eso sugieren que la sal comercial es suficiente para realizar la separación por densidad, esto podría alterar los resultados de la cuantificación y la razón es, porque en otro estudio publicado en el 2017 por la revista *Nature* y realizado por Karami et al., afirman que la sal comercial muestreada en 8 países diferentes contenía microplásticos en diferentes proporciones; sumando al estudio en el año 2018 realizado por Kim, Lee, Kim y Kim donde se demuestra que en el 90% de la sal comercial muestreada a nivel mundial existe microplásticos, entonces este protocolo no fue el más idóneo para el estudio. Para este trabajo de investigación se utilizó sal de laboratorio 100% pura para así evitar cualquier alteración o influencia en los resultados.

El camarón de río que se encuentra en la Isla Santay estaría expuesto potencialmente a la ingestión de microplásticos primarios los cuales son inferiores a 1mm ya que un estudio experimental realizado recientemente en el 2018 por Lehtiniemi et al., concluyen que el tamaño importa más que la forma y que los más peligrosos son los microplásticos secundarios, los que hemos encontrado en la Isla Santay, esto quiere decir que, entre más pequeños son los tamaños de la partícula la ingestión y absorción de microplásticos es mayor, como el camarón es consumido comercialmente, deberían existir estudios toxicológicos que analicen la presencia de estas micropartículas en el interior de estos organismos.

A pesar de tener certezas de que la contaminación con plástico en la Isla Santay, y que la forma más frecuente en la mayoría de estudios a nivel mundial son las fibras y fragmentos, no existe una normativa con la cuál se pueda comparar el nivel de contaminación de partículas y su grado de peligrosidad ya que no existen estudios al respecto. En un artículo de revisión publicado en el 2018 por la SETAC

(Society of Environmental Toxicology and Chemistry) Burns y Boxall revisan y analizan datos de 320 artículos publicados los cuales contienen como tema principal la ocurrencia y toxicología de los microplásticos en ecosistemas acuáticos; de los artículos revisados, 50 pertenecían a estudios de microplásticos en sedimentos y de estos tan solo 10 pertenecían a ecosistemas de agua dulce; adicionalmente las investigaciones informan la ocurrencia de microplásticos en diferentes unidades como: artículos por kilogramo o litro, artículos por metro cuadrado y artículos por metro cúbico. Aunque es posible convertir las unidades no siempre se puede hacer las comparaciones ya que no todos los estudios reportan la cantidad de partículas exactas en total.

Recientemente en dos tesis publicadas en la Universidad Central del Ecuador en abril del 2019, Poma, autora de la determinación de microplásticos en cerveza artesanal y, Regnifo, autora del estudio de microplásticos en la miel artesanal, afirman que encontraron microplásticos en la miel y en la cerveza; también que las formas mas frecuentes fueron fibras y fragmentos, los cuales coinciden con el presente estudio. A pesar de ello, el escenario está alejado de un ambiente marino; no se podría comparar con el estudio presente porque sería comparar manzanas con peras. La OMS (Organización Mundial de la Salud) y la FAO (Food American Organization) afirman que las cantidades ingeridas por un ser humano se aproximan a 2000 partículas al año y que esto no significa un peligro inminente, sin embargo la comparación que hacen en sus estudios son de partículas (<100 um) inferiores a los datos reportados, con lo cuál la comparación no sería correcta.

6. Conclusiones

El punto de muestreo con más partículas cuantificadas fue la norte y la de menor cantidad la sur; por consiguiente, el norte de la isla fue el mas contaminado en comparación del este, oeste y sur.

El tamaño mas frecuente pertenece a los microplásticos pequeños, es decir mayor (<1mm). Este evento podría estar relacionado al tamaño de los poros del filtro que poseen las plantas de tratamiento de aguas residuales y que desembocan en la cuenca del río Guayas, entonces las micropartículas debajo de este tamaño de poro se escapan y acaban en los cuerpos de agua dulce.

Las formas o la estructura constitutiva de las partículas plásticas encontradas sugieren que son el resultado de la degradación física de plásticos más grandes (macroplásticos y mesoplásticos). Las formas mas abundantes fueron las fibras y los fragmentos seguido por las películas. No se encontraron foam (poliestireno expandido) significativamente, su valor representó apenas un 4,4% del contenido total.

La isla Santay está expuesta a la contaminación de las urbes mas grandes de la provincia del Guayas y por su ubicación en la Cuenca Baja esta sufre consecuencias de contaminación plástica por parte de actividades humanas (agrícolas, cotidianas y mal manejo de desechos); los mismos que ponen en riesgo la ecología, alimentación y biología de los animales que habitan allí.

No se puede determinar si las partículas encontradas en la Isla Santay son el producto de lo que lleva la corriente o lo que traen las aguas cuenca abajo ya que la isla se encuentra expuesta a corrientes de agua. Las partículas podrían ser generadas en Cuenca arriba, Guayaquil o Durán.

7. Recomendaciones

Se recomienda realizar levantamiento de información de macroplásticos, mesoplásticos y nanoplásticos para comparar con los resultados obtenidos en el proyecto. De esta manera se podría determinar la influencia del mal manejo de residuos sólidos plásticos en la aparición de mesoplásticos y microplásticos.

Realizar estudios respecto a la ingestión de nanoplásticos de especies comercialmente comestibles como el camarón de río el cual vive en la isla y su hábitat está contaminada con partículas plásticas. Su consumo comercial podría poner en peligro la salud alimentaria.

Se sugiere realizar estudios en las plantas de aguas residuales que descargan sus aguas al cauce de este río para cuantificar la cantidad de partículas que se escapan por los poros del filtro o hacer estimación del aporte de esta contaminación plástica hacia el estudio de microplásticos en estuarios.

Se sugiere realizar un estudio de microplásticos a lo largo de la Cuenca del Guayas con el fin de determinar la distribución y movimiento de las partículas. Con esto se puede determinar el origen de ellas diseñar herramientas (ejemplo: planes de manejo para residuos plásticos) para mitigar la contaminación por plásticos.

Se recomienda un plan de mingas de limpiezas periódicas en la Isla para ayudar a las especies que se encuentran en este ecosistema estuarino y así evitar que estos macroplásticos se fragmenten y sean mas difíciles de extraer del espacio natural.

8. Anexos

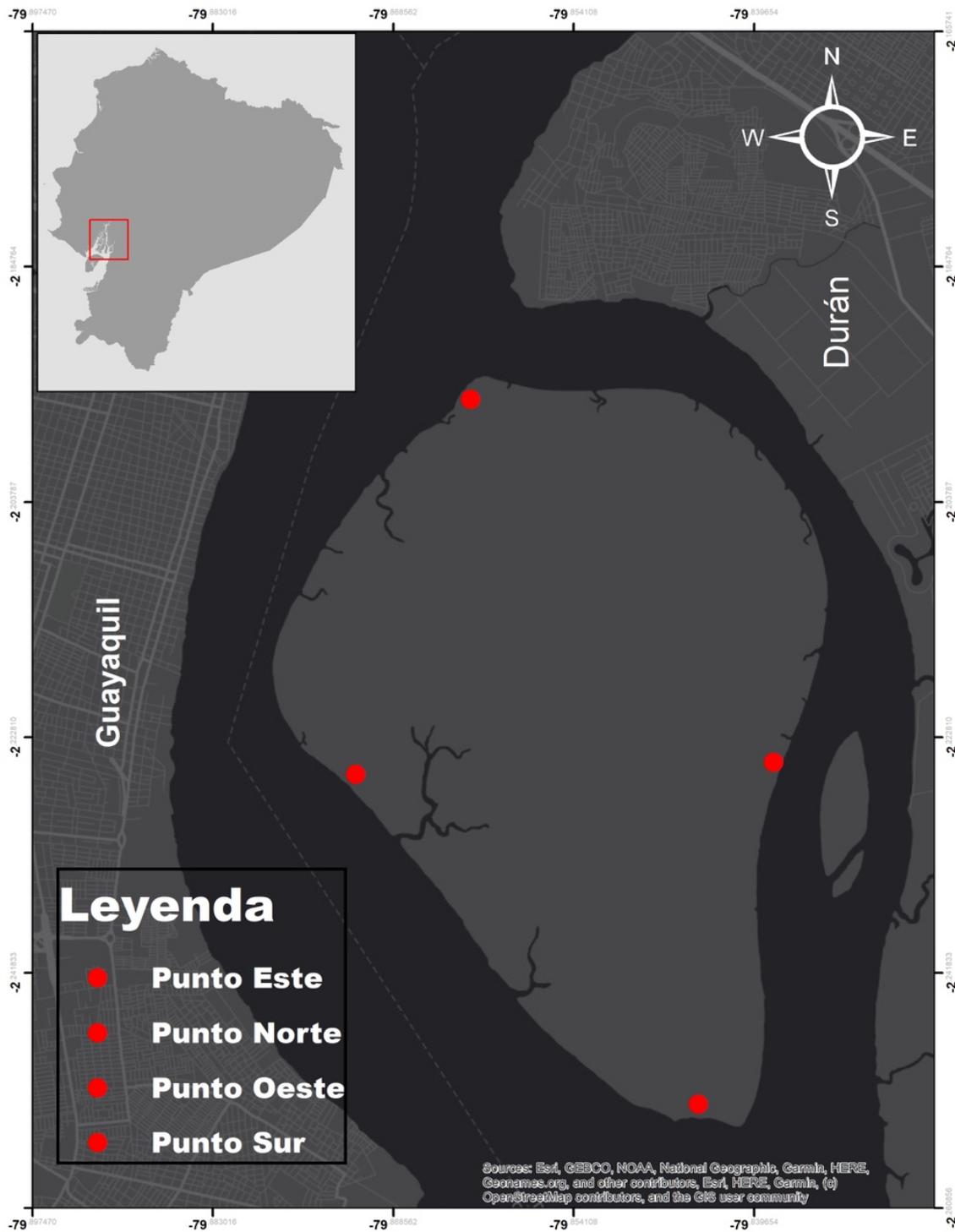


Figura 7. Ubicación de la investigación Gonzalez, 2019.

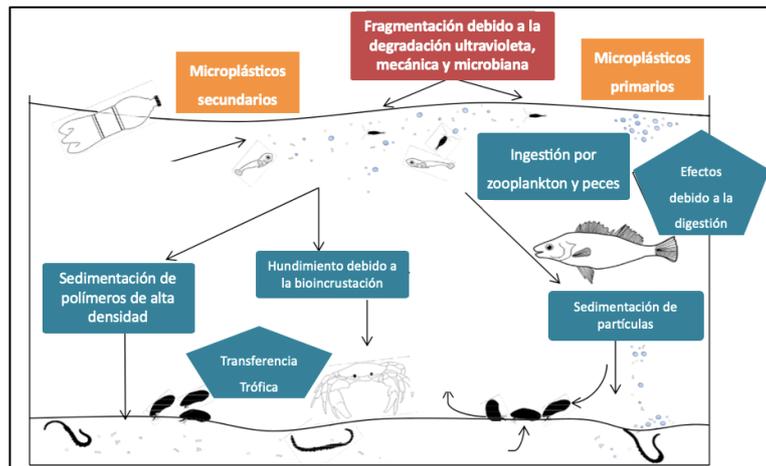


Figura 8. Vías potenciales en el transporte de los microplásticos Wright et al., 2013.

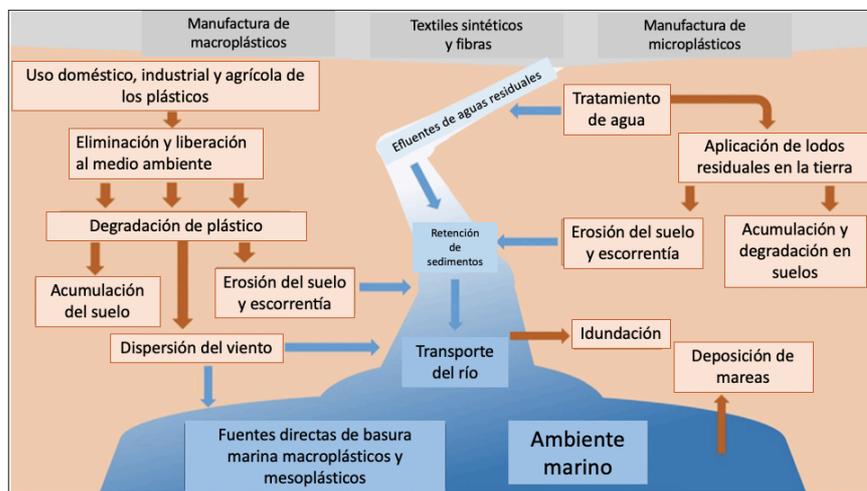


Figura 9. Fuentes de microplásticos y flujos ambientales Horton, Walton, Spurgeon, Lahive, & Svendsen, 2017.

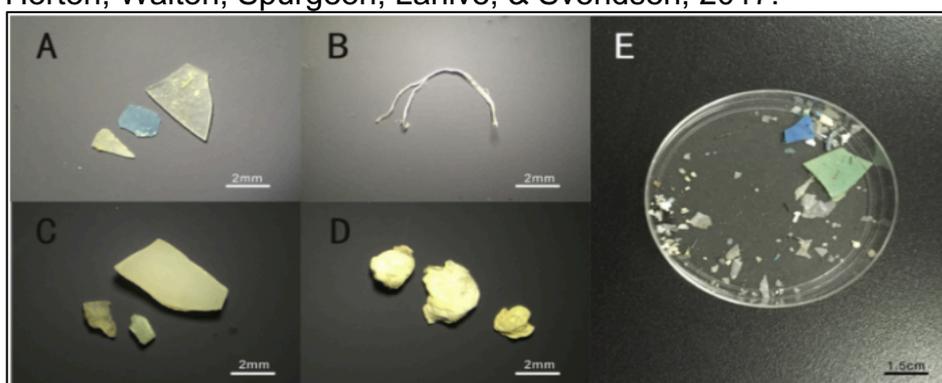


Figura 10. Formas de microplásticos (A) películas, (B) líneas, (C) fragmentos, (D) foam y (E) vista Zhang et al., 2016.

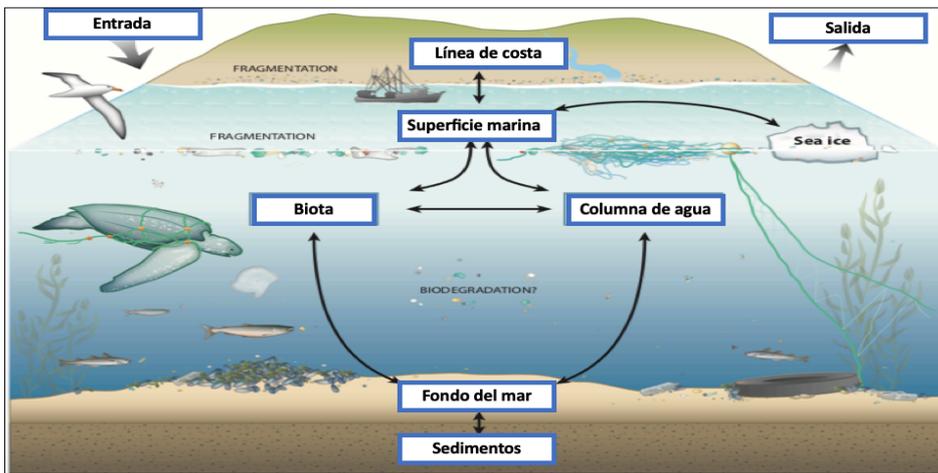


Figura 11. El balance de masas plásticas en el medio marino Lavender Law, 2016.

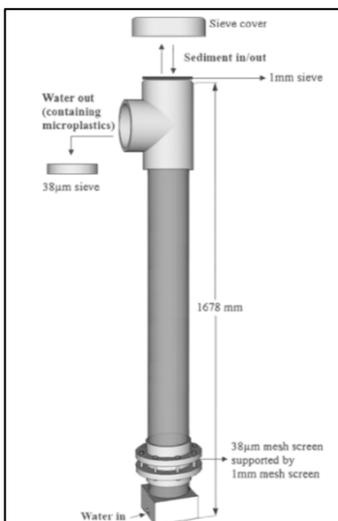


Figura 12. Columna usada para separar microplásticos mediante elutriación Claessens, Van Cauwenberghe, Vandegehuchte, & Janssen, 2013.

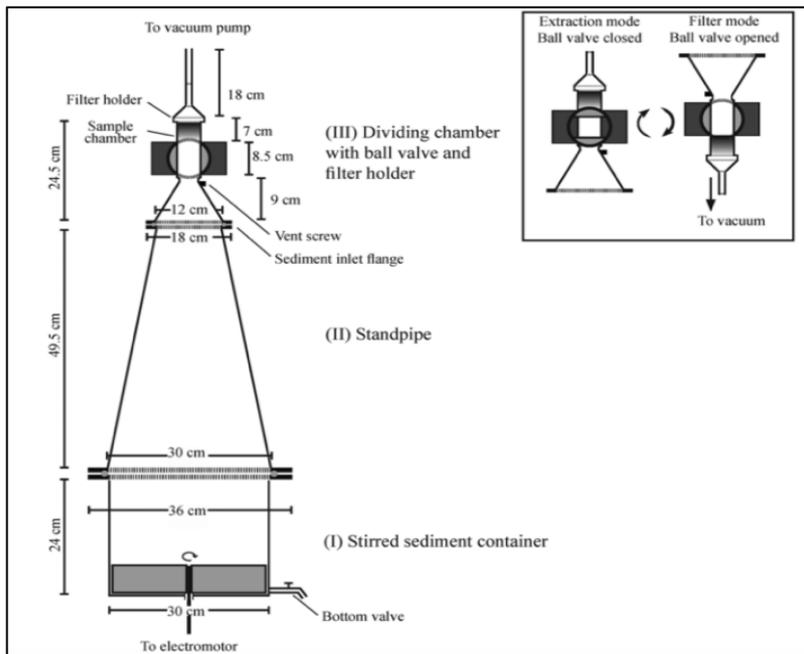


Figura 13. Separador de sedimentos Munich
Imhof, Schmid, Niessner, Ivleva, & Laforsch, 2012.

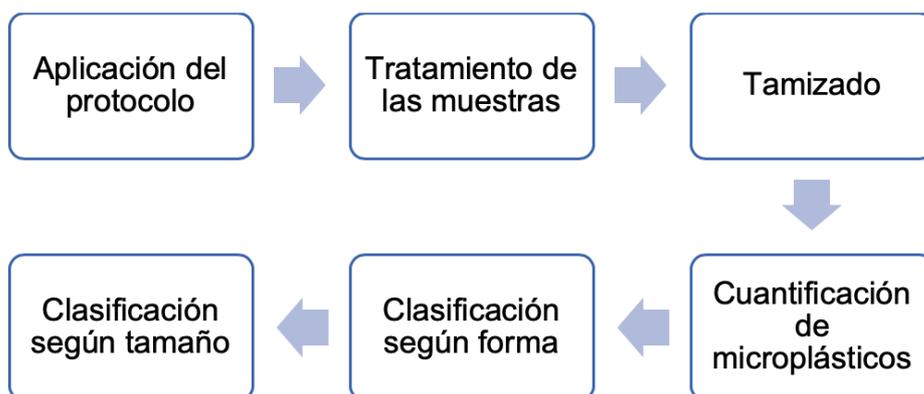


Figura 14. Diagrama de flujo para la ejecución del proyecto
Gonzalez, 2019.

La Coordinación General Zona 5 - Dirección Provincial del Ambiente del Guayas, en el ejercicio de las atribuciones que le confiere el Código Orgánico Ambiental (COA), en concordancia con el Decreto Ejecutivo No. 3516, publicado en el Registro Oficial del lunes 31 de marzo de 2003, Edición Especial, en el Libro IV de la Biodiversidad, en el Título II, autoriza la investigación: **“OCURRENCIA DE MICROPLASTICOS EN LOS SEDIMENTOS DE LA ISLA SANTAY”**, al siguiente Investigador.

- Adriana Rosaura González Alcívar 0925653495

Solicitud del **Permiso de Investigación**: Documento No. MAE-UPN-DPAG-2019-1733-E, del 13 de marzo de 2019, por parte de la Srta. Adriana González Alcívar, Investigadora responsable del proyecto.

Contraparte del Ministerio del Ambiente.- MVZ. Luis Alberto Castro Córdova, Responsable de Vida Silvestre de la Dirección Provincial del Ambiente del Guayas.

Fecha de duración del estudio: Desde 19 de marzo del 2019 a 19 de marzo del 2020.

De los resultados que se desprenda de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente.

COMPONENTES AUTORIZADOS DENTRO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta autorización tiene como objetivo principal: Determinar la ocurrencia de microplásticos en el sedimento de la Isla Santay mediante observación morfológica y flotación por densidad para obtención de una línea base de investigaciones futuras.

En base al documento No. MAE-UPN-DPAG-2019-1733-E, del 13 de marzo de 2019, se autoriza la siguiente metodología para la realización de esta investigación:

METODOLOGIA:

Se tomarán cuatro estaciones como punto de referencia y en cada estación, 3 réplicas a intervalos de un metro a lo largo de un transecto de 2 m. Las muestras de tomarán a lo largo de la orilla o de la línea de deriva, en base al estudio de Horton, Svendsen, Williams, Spurgeon & Lahive, 2016.

Figura 15. Permiso de investigación

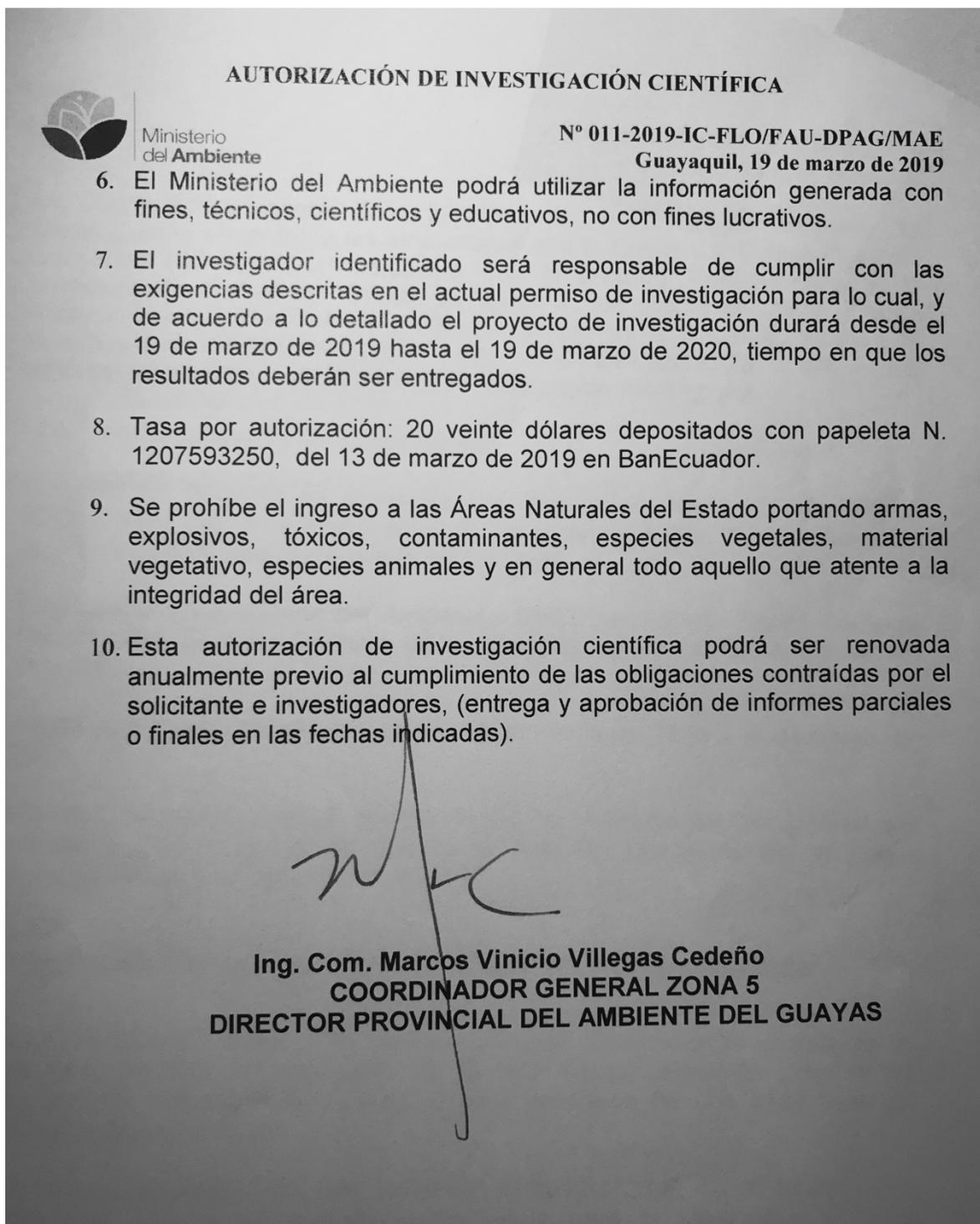


Figura 16. Autorización de investigación científica



Figura 17. Muestreo en la Isla Santay Gonzalez, 2019.

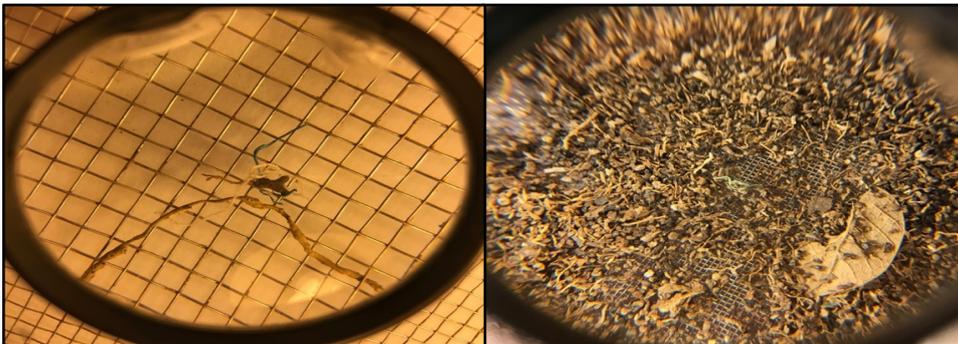


Figura 18. Tamices 3mm y 1mm Gonzalez, 2019.

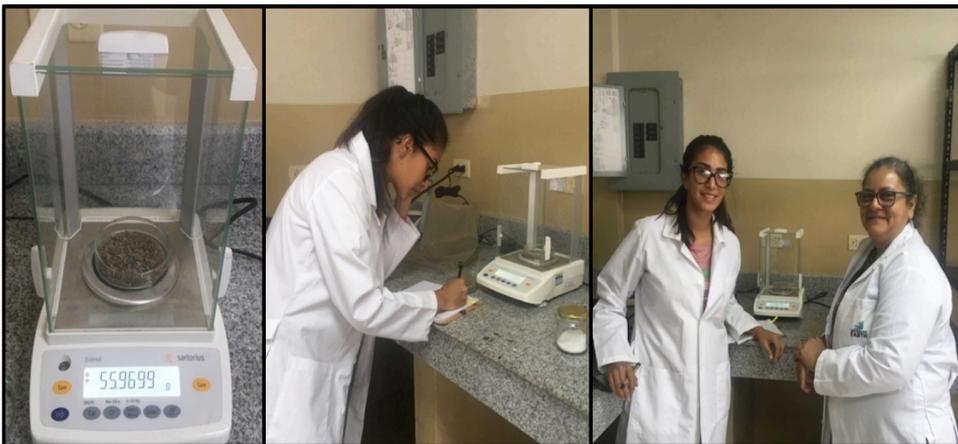


Figura 19. Trabajo de laboratorio Gonzalez, 2019.



Figura 20. Materiales para cuantificación de microplásticos
Gonzalez, 2019.



Figura 21. Reactivos utilizados para el estudio
Gonzalez, 2019.

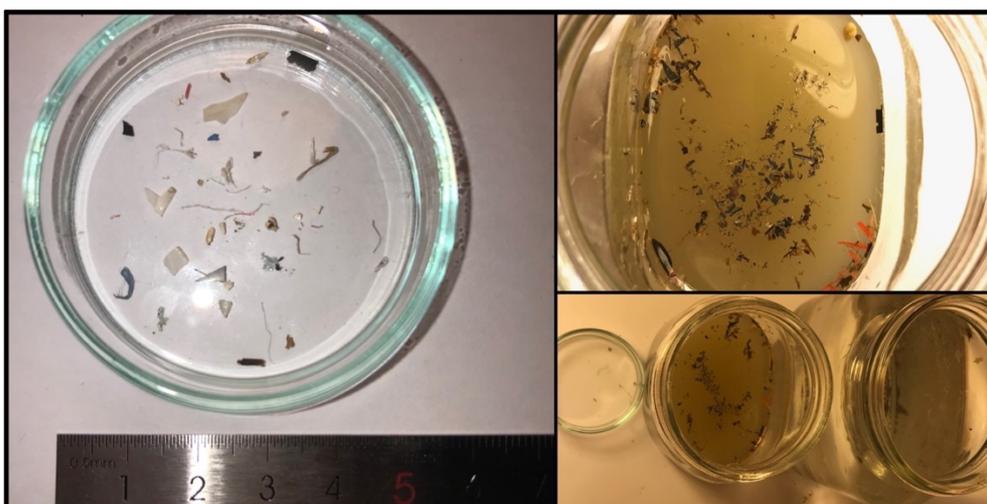


Figura 22. Metodo de suspensión con NaCl
Gonzalez, 2019.

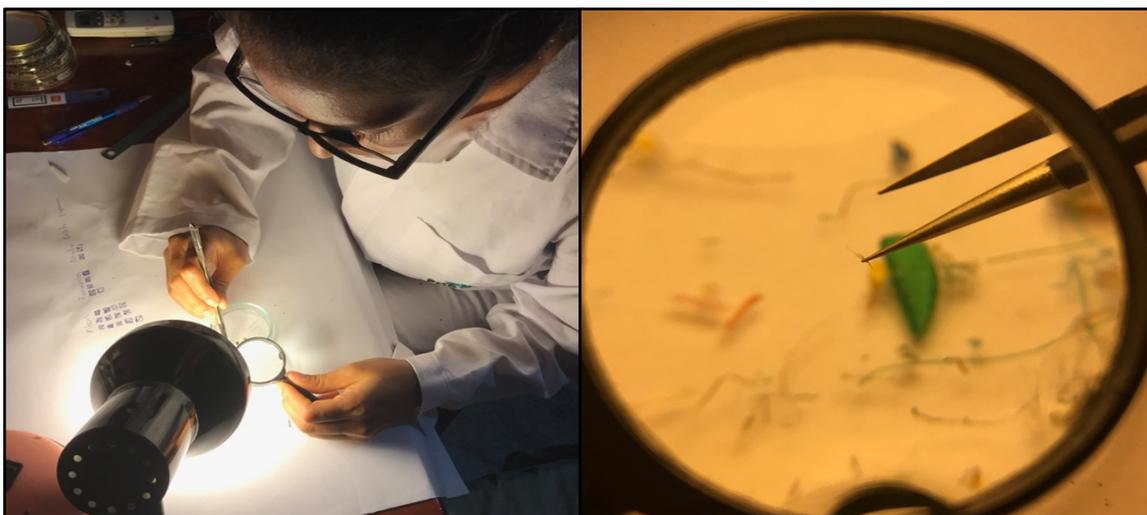


Figura 23. Análisis de partículas
Gonzalez, 2019.

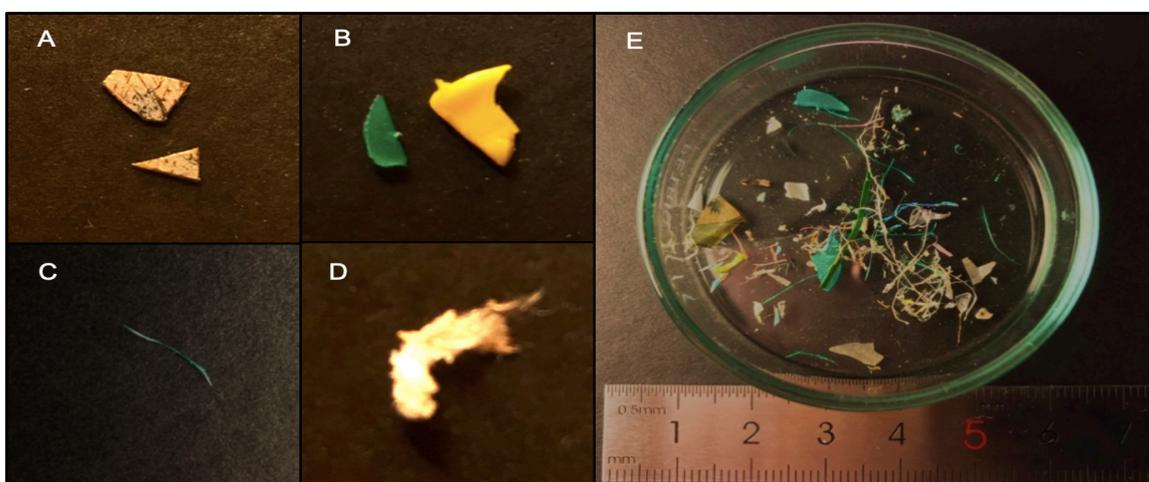


Figura 24. Formas y tamaños de microplásticos
Descripción: A (películas), B (fragmentos), C (fibras), D (foam), E placa Petri con todas las formas. Gonzalez, 2019.

Tabla 5. Coordenadas del estudio

Punto de muestreo	Longitud	Latitud	Volumen de sedimento filtrado
Norte	-2.195473	-79.862377	3 litros
Sur	-2.252453	-79.844125	3 litros
Este	-2.224806	-79.838077	3 litros
Oeste	-2.225784	-79.871584	3 litros

Descripción de Coordenadas de la toma de muestras
Gonzalez, 2019.

Tabla 6. Suceptibilidad de plásticos en el medio ambiente por ubicación

Ubicación	Suceptibilidad
Playa / terrestre	Luz solar, calor, frío, viento, olas, ácidos y enzimas. (ingestión por la vida silvestre), daños por actividades antropogénicas (por ejemplo, vehículos, construcción, incendios de campamento)
Superficie del agua	Luz solar, calor, frío, viento, olas, rocas, ácidos y enzimas (ingestión por la vida silvestre y organismos acuáticos), contaminantes acuáticos, bioincrustaciones, daños causados por los vasos.(por ejemplo, hélices, bombas de sentina, ataques con barcos)
Sedimento	Calor, frío, ácidos y enzimas (ingestión por organismos acuáticos), cambios de salinidad (estuarios), bioincrustaciones, daños por dragado.
Sedimento oceánico profundo	Presión extrema, frío (~2 ° C), calor extremo de las fuentes hidrotermales (60 ° C – 464 ° C), contaminantes acuáticos, ácidos y enzimas (ingestión por organismos acuáticos), bajos niveles de oxígeno

Crawford & Quinn, 2017.

Tabla 7. Técnicas analíticas utilizadas para el análisis de la composición de los microplásticos

Método	Metodología	Ventajas	Limitaciones
Ftir (espectrometría transformada por Fourier)	Las muestras se someten a radiación infrarroja y las vibraciones excitables dependen de la composición y estructura molecular. Los plásticos poseen espectros IR altamente específicos con distintos patrones de banda.	Este método no destructivo está bien establecido, es rápido y bastante confiable. Se pueden procesar grandes cantidades de muestra.	Las partículas deben ser activas en IR. Las muestras menores de 5 μm pueden no producir espectros interpretables de absorbancia. La muestra se debe secar cuidadosamente para eliminar el agua activa por IR.
Espectroscopia Raman	La interacción de la luz láser irradiada con las moléculas y los átomos de la muestra da como resultado diferencias en la frecuencia de la luz dispersada hacia atrás cuando se compara con el láser irradiador. Este cambio detecta y conduce a espectros específicos de la sustancia.	Los polímeros plásticos pueden identificarse en minutos, ya que poseen espectros Raman característicos, la espectroscopía Micro-Raman permite la identificación de una amplia gama de clases de tamaño hasta un tamaño inferior a 1 μm	La interferencia de fluorescencia de impurezas orgánicas e inorgánicas dificulta la identificación. La muestra necesita de purificación antes del análisis y parámetros apropiados (longitud de onda, potencia del láser, foto-blanqueo, etc.) son importantes para la medición.
Scanning electron spectroscopy	Las imágenes de muestra se producen mediante la interacción de un haz de electrones con la muestra para medir los iones secundarios.	La imagen de alta resolución se puede producir.	La muestra debe recubrirse cuando se trabaja a vacío y no se dispone de información de identificación detallada.
Thermo-analytical methods such as Pyrolysis GCMS	Las muestras se tratan térmicamente y los compuestos gaseosos liberados se atrapan y se transfieren a una columna GC. Los espectros de los productos de pirólisis se comparan con una base de datos de tipos de plástico comunes.	La muestra se puede analizar junto con los aditivos plásticos orgánicos en una sola operación sin el uso de solventes y así evitar la contaminación del fondo. El método es muy sensible y confiable.	Tiene una limitación de tamaño menor de las partículas que se pueden analizar. No es adecuado para el procesamiento de grandes cantidades de muestras, ya que solo se puede evaluar una partícula por corrida.
Método de tinción	El tinte hidrofóbico se adsorbe en las superficies de plástico y las vuelve fluorescentes cuando se irradian con luz azul.	El análisis de imágenes permite identificar y contar partículas fluorescentes.	La posibilidad de que otras partículas, como los residuos orgánicos, también puedan teñirse utilizando NR y, por lo tanto, produzcan falsos positivos en el método.

9. Bibliografía

- Aguilar Mugica, S., Devenish, C., Wege, D. C., Anadón-Irizarry, V., Balman, M., & BirdLife International. (2009). *Important bird areas Americas: Priority sites for biodiversity conservation*. Quito, Ecuador: Birdlife International.
- Alfaro-Núñez, A., & Bermúdez, R. (2018). The scientific problem of plastic pollution: An ocean of reports with little standardization of procedures. *Bionatura*, 3, 639–640. Recuperado de <http://www.revistabionatura.com>
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X11003055>
- Azzarello, M. Y., & Vleet, E. S. V. (1987). Marine birds and plastic pollution. *Marine Ecology*, 37, 295–303. Recuperado de <https://www.int-res.com/articles/meps/37/m037p295.pdf>
- Barboza, L. G. A., Vieira, L. R., Branco, V., Figueiredo, N., Carvalho, F., Carvalho, C., & Guilhermino, L. (2018). Microplastics cause neurotoxicity, oxidative damage and energy-related changes and interact with the bioaccumulation of mercury in the European seabass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Aquatic Toxicology*, 195, 49–57. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166445X17303776>
- Barletta, M., Lucena, L. R. R., Costa, M. F., Barbosa-Cintra, S. C. T., & Cysneiros, F. J. A. (2012). The interaction rainfall vs. Weight as determinant of total mercury concentration in fish from a tropical estuary. *Environmental Pollution*, 167, 1–6. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749112001455>

- Barletta, Mário, Lima, A. R. A., & Costa, M. F. (2019). Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. *Science of The Total Environment*, 651, 1199–1218. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718337264>
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998. Recuperado de <http://rstb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rstb.2008.0205>
- Beck, M. W., Heck, K. L., Able, K. W., Childers, D. L., Eggleston, D. B., Gillanders, B. M., ... Weinstein, M. P. (2001). The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. *BioScience*, 51(8), 633. Recuperado de <https://academic.oup.com/bioscience/article/51/8/633-641/220580>
- Blaber, S. J. M., & Barletta, M. (2016). A review of estuarine fish research in South America: What has been achieved and what is the future for sustainability and conservation?: estuarine fish research in south america. *Journal of Fish Biology*, 89(1), 537–568. Recuperado de <http://doi.wiley.com/10.1111/jfb.12875>
- Blettler, M. C. M., Ulla, M. A., Rabuffetti, A. P., & Garello, N. (2017). Plastic pollution in freshwater ecosystems: Macro-, meso-, and microplastic debris in a floodplain lake. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(11). Recuperado de <http://link.springer.com/10.1007/s10661-017-6305-8>

- Bour, A., Haarr, A., Keiter, S., & Hylland, K. (2018). Environmentally relevant microplastic exposure affects sediment-dwelling bivalves. *Environmental Pollution*, 236, 652–660. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026974911734472X>
- Burns, E. E., & Boxall, A. B. A. (2018). Microplastics in the aquatic environment: Evidence for or against adverse impacts and major knowledge gaps: Microplastics in the environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 37(11), 2776–2796.
- Brennecke, D., Duarte, B., Paiva, F., Caçador, I., & Canning-Clode, J. (2016). Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 178, 189–195. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S027277141530158X>
- Browne, M. A., Niven, S. J., Galloway, T. S., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2013). Microplastic Moves Pollutants and Additives to Worms, Reducing Functions Linked to Health and Biodiversity. *Current Biology*, 23(23), 2388–2392. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960982213012530>
- Claessens, M., Van Cauwenberghe, L., Vandegehuchte, M. B., & Janssen, C. R. (2013). New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 70(1–2), 227–233. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X13001495>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*,

- 62(12), 2588–2597. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X11005133>
- Collignon, A., Hecq, J.-H., Galgani, F., Collard, F., & Goffart, A. (2014). Annual variation in neustonic micro- and meso-plastic particles and zooplankton in the Bay of Calvi (Mediterranean–Corsica). *Marine Pollution Bulletin*, 79(1–2), 293–298. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X13007248>
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., ... Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152–158. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959378014000685>
- Crawford, C. B., & Quinn, B. (2017). Physiochemical properties and degradation. En *Microplastic Pollutants* (pp. 57–100). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809406-8.00004-9>
- Cruz Carrillo, A., Moreno Figueredo, G., & Lara Osorio, M. (2010). Toxicología de las dioxinas y su impacto en la salud humana. *Revista de Medicina Veterinaria*, (19), 73–84. Recuperado de <https://ciencia.lasalle.edu.co/mv/vol1/iss19/10>
- Da Costa, J. P., Santos, P. S. M., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2016). (Nano)plastics in the environment – Sources, fates and effects. *Science of The Total Environment*, 566–567, 15–26. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969716309731>
- De Souza Machado, A. A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., & Rillig, M. C. (2018). Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global Change*

- Biology*, 24(4), 1405–1416. Recuperado de <http://doi.wiley.com/10.1111/gcb.14020>
- Dekiff, J. H., Remy, D., Klasmeier, J., & Fries, E. (2014). Occurrence and spatial distribution of microplastics in sediments from Norderney. *Environmental Pollution*, 186, 248–256. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749113006088>
- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R. C., & Aldridge, D. C. (2015). Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research*, 75, 63–82. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.012>
- Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., ... Reisser, J. (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE*, 9(12), 1–15. Recuperado de <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0111913>
- FAO. (2017). *FAO Aquaculture Newsletter*. Presentado en Rome. Recuperado de www.fao.org/fishery/publications/fan/en
- Ferreira, G. V. B., Barletta, M., & Lima, A. R. A. (2019). Use of estuarine resources by top predator fishes. How do ecological patterns affect rates of contamination by microplastics? *Science of The Total Environment*, 655, 292–304. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718345856>
- Ferreira, P., Fonte, E., Soares, M. E., Carvalho, F., & Guilhermino, L. (2016). Effects of multi-stressors on juveniles of the marine fish *Pomatoschistus microps*: Gold nanoparticles, microplastics and temperature. *Aquatic Toxicology*, 170,

89–103. Recuperado de

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166445X15300941>

Fish, M. (2012). Wider Caribbean Region. En J. A. Hilty, C. C. Chester, & M. S. Cross (Eds.), *Climate and Conservation* (pp. 170–183).
https://doi.org/10.5822/978-1-61091-203-7_14

Fok, L., & Cheung, P. K. (2015). Hong Kong at the Pearl River Estuary: A hotspot of microplastic pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 99(1–2), 112–118.
Recuperado de
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X15004701>

Fundación Malecón 2000. (2008). *Ficha Ramsar Isla Santay.pdf*. Recuperado de
<http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/889253/Ficha+Ramsar+Isla+Santay.pdf/1eaf5b5a-9228-4e77-a4a5-a03ce08a50db>

Galgani, F., Hanke, G., Werner, S., Oosterbaan, L., Nilsson, P., Fleet, D., Liebezeit, G. (2013). *Guidance on monitoring of marine litter in European seas*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 4(1,2), 65-67.

GESAMP (eds.), Kershaw, P. J., & Rochman, C. M. (2015). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: Part 2 of a global assessment. Reports and studies-IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP)* (pp. 1–6). Recuperado de
<http://gesamp.org>

Giedrė Ašmonaitė, & Carney, B. (2019). *Effects of microplastics on organisms and impacts on the environment: Balancing the known and unknown*. Recuperado de <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.28556.77448>

- Gigault, J., Halle, A. ter, Baudrimont, M., Pascal, P.-Y., Gauffre, F., Phi, T.-L., ...
Reynaud, S. (2018). Current opinion: What is a nanoplastic? *Environmental Pollution*, 235, 1030–1034. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749117337247>
- Gregory, M. R. (1996). Plastic ‘scrubbers’ in hand cleansers: A further (and minor) source for marine pollution identified. *Marine Pollution Bulletin*, 32(12), 867–871. Recuperado de <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X96000471>
- Hanvey, J. S., Lewis, P. J., Lavers, J. L., Crosbie, N. D., Pozo, K., & Clarke, B. O. (2017). A review of analytical techniques for quantifying microplastics in sediments. *Analytical Methods*, 9(9), 1369–1383. Recuperado de <http://xlink.rsc.org/?DOI=C6AY02707E>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060–3075. Recuperado de <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/es2031505>
- Hitchcock, J. N., & Mitrovic, S. M. (2019). Microplastic pollution in estuaries across a gradient of human impact. *Environmental Pollution*, 247, 457–466. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749118344014>
- Horton, A. A., Svendsen, C., Williams, R. J., Spurgeon, D. J., & Lahive, E. (2016). Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK – Abundance, sources and methods for effective quantification. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 218–226. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X16307251>

- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of The Total Environment*, 586, 127–141. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969717302073>
- Hüffer, T., Praetorius, A., Wagner, S., von der Kammer, F., & Hofmann, T. (2017). Microplastic Exposure Assessment in Aquatic Environments: Learning from Similarities and Differences to Engineered Nanoparticles. *Environmental Science & Technology*, 51(5), 2499–2507. Recuperado de <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.6b04054>
- Imhof, H. K., Schmid, J., Niessner, R., Ivleva, N. P., & Laforsch, C. (2012). A novel, highly efficient method for the separation and quantification of plastic particles in sediments of aquatic environments: Novel plastic particle separation method. *Limnology and Oceanography: Methods*, 10(7), 524–537. Recuperado de <http://doi.wiley.com/10.4319/lom.2012.10.524>
- Iwasaki, S., Isobe, A., Kako, S., Uchida, K., & Tokai, T. (2017). Fate of microplastics and mesoplastics carried by surface currents and wind waves: A numerical model approach in the Sea of Japan. *Marine Pollution Bulletin*, 121(1–2), 85–96. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X17304435>
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... Law, K. L. (2015). *Plastic waste inputs from land into the ocean*. 347, 768–771.

- Julien Boucher, Damien Friot. (2017). *Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources*, 280, 34-36. Recuperado de <https://www.iucn.org/resources/publications>
- Karami, A., Golieskardi, A., Keong Choo, C., Larat, V., Galloway, T. S., & Salamatinia, B. (2017). The presence of microplastics in commercial salts from different countries. *Scientific Reports*, 7(1).
- Kim, J.-S., Lee, H.-J., Kim, S.-K., & Kim, H.-J. (2018). Global Pattern of Microplastics (MPs) in Commercial Food-Grade Salts: Sea Salt as an Indicator of Seawater MP Pollution. *Environmental Science & Technology*, 52(21), 12819–12828.
- Laurent, L., Joost van der, Z., Jan-Willem, D., Boyan, S., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 124, 344-348. Recuperado de www.nature.com/naturecommunications
- Lavender Law, K. L. (2016). *Plastics in the Marine Environment*. 33, 205–29.
- Lebreton, L. C. M., van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8, 15611–15621.
- Lehtiniemi, M., Hartikainen, S., Näkki, P., Engström-Öst, J., Koistinen, A., & Setälä, O. (2018). Size matters more than shape: Ingestion of primary and secondary microplastics by small predators. *Food Webs*, 17, e00097.
- Li, J., Liu, H., & Paul Chen, J. (2018). Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, (615, 137), 362–374. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135417310515>

- Lima, A. R. A., Costa, M. F., & Barletta, M. (2014). Distribution patterns of microplastics within the plankton of a tropical estuary. *Environmental Research*, 132, 146–155. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013935114000784>
- Liu, Y., Liu, G., Yuan, Z., Liu, H., & Lam, P. K. S. (2018). Heavy metals (As, Hg and V) and stable isotope ratios ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) in fish from Yellow River Estuary, China. *Science of The Total Environment*, 613–614, 462–471. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969717324294>
- Lusher, A., Hollman, P. C. H., & Mendoza-Hill, J. (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture: Status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. *Microplastics in Fisheries and Aquaculture: Status of Knowledge on Their Occurrence and Implications for Aquatic Organisms and Food Safety*, 615, 1–147. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i7677e.pdf>
- Macfadyen, G., Huntington, T., & Cappell, R. (2011). Informes y Estudios del Programa de Mares Regionales. En *Documento Técnico de Pesca y Acuicultura* (Vol. 523, pp. 129–283). Roma: Food & Agriculture Organization.
- Mausra, B., & Foster, A. (2015). Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment. *National Oceanic and Atmospheric Administration*, 40, 39–50.
- Meikle, J. L. (1995). *American Plastic: A Cultural History* (ilustrada, en Braille). Recuperado de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=u_1ePU4GEGAC&oi=fnd&pg=PA1936&dq=history+about+plastics&ots=N6y5pc17kf&sig=qXcC5t8X

4d17HZtMultWCZP9uOU#v=onepage&q=history%20about%20plastics&f=f
alse

Molina, M. E. (2012). *Estudio comparativo de los sitios Ramsar en el Ecuador como oferta turística del patrimonio natural del Ecuador*. 37.

Nelms, S. E., Galloway, T. S., Godley, B. J., Jarvis, D. S., & Lindeque, P. K. (2018). Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental Pollution*, 238, 999–1007. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749117343294>

Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Pereira, T. (2015). Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1), 119–126. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X15301582>

Niaounakis, M. (2017). The Problem of Marine Plastic Debris. En *Management of Marine Plastic Debris* (Vol. 3, pp. 1–55). Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978032344354800001X>

Oberbeckmann, S., Kreikemeyer, B., & Labrenz, M. (2018). Environmental Factors Support the Formation of Specific Bacterial Assemblages on Microplastics. *Frontiers in Microbiology*, 8. Recuperado de <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2017.02709/full>

Oliveira, M., Ribeiro, A., Hylland, K., & Guilhermino, L. (2013). Single and combined effects of microplastics and pyrene on juveniles (0+ group) of the common goby *Pomatoschistus microps* (Teleostei, Gobiidae). *Ecological Indicators*, 34, 641–647. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X13002501>

- Peng, G., Xu, P., Zhu, B., Bai, M., & Li, D. (2018). Microplastics in freshwater river sediments in Shanghai, China: A case study of risk assessment in megacities. *Environmental Pollution*, 234, 448–456. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749117332797>
- Peng, G., Zhu, B., Yang, D., Su, L., Shi, H., & Li, D. (2017). Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. *Environmental Pollution*, 225, 283–290. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749116308338>
- Piqué, T. M., & Vázquez, A. (2012). *Uso de la espectroscopía infraroja transformada de Fourier (FTIR) en el estudio de la hidratación del cemento*. 3, 62–71.
- PlasticsEurope. (2017). *An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Recuperado de https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf
- Poma, K. Y. (2019). *Determinación de la presencia de microplásticos en cerveza artesanal e industrial*. (Trabajo de investigación presentado como requisito previo para la obtención del título de Química de Alimentos, Universidad Central del Ecuador). Recuperado de <http://200.12.169.19/handle/25000/18433>
- Reis, R. E., Albert, J. S., Di Dario, F., Mincarone, M. M., Petry, P., & Rocha, L. A. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America: Fish biodiversity and Conservation. *Journal of Fish Biology*, 89(1), 12–47. Recuperado de <http://doi.wiley.com/10.1111/jfb.13016>

- Rengifo Escobar, E. A. (2019). *Determinación de la presencia de microplásticos en miel artesanal e industria* (Trabajo de investigación presentado como requisito previo para la obtención del título de Química de Alimentos, Universidad Central del Ecuador). Recuperado de <http://200.12.169.19:8080/handle/25000/18017>
- Rocha-Santos, T., & Duarte, A. C. (2015). A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 65, 47–53. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165993614002556>
- Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T., & Teh, S. J. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports*, 3(1), 3263–3270. Recuperado de <http://www.nature.com/articles/srep03263>
- Ryan, P. G., Moore, C. J., van Franeker, J. A., & Moloney, C. L. (2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1999–2012. Recuperado de <http://rstb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rstb.2008.0207>
- Sarria-Villa, R. A., & Gallo-Corredor, J. A. (2016). *La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos*. 7.
- Sileo, L., Sievert, P. R., & Samuel, M. D. (1989). Prevalence and characteristics of plastic ingested by hawaiian seabirds. *Shomura and M. L. Gcdfrey (editors), Proceedir3Cs of the Second International Conference on Marine Debris* (pp. 17–23). Hawaii Honolulu.

- Simons, E. L. (1963). A Modified Flotation Method of Density Determination for Small Solid Samples. *Analytical Chemistry*, 35(3), 407–408. Recuperado de <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac60196a042>
- Sruthy, S., & Ramasamy, E. V. (2017). Microplastic pollution in Vembanad Lake, Kerala, India: The first report of microplastics in lake and estuarine sediments in India. *Environmental Pollution*, 222, 315–322. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749116327166>
- Su, L., Cai, H., Kolandhasamy, P., Wu, C., Rochman, C. M., & Shi, H. (2018). Using the Asian clam as an indicator of microplastic pollution in freshwater ecosystems. *Environmental Pollution*, 234, 347–355. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749117333055>
- Thompson, R. C. (2004). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 304 (5672), 838–838.
- Van Cauwenberghe, L., Devriese, L., Galgani, F., Robbins, J., & Janssen, C. R. (2015). Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research*, 111, 5–17. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141113615000938>
- Van Sebille, E., Delandmeter, P., Schofield, J., Hardesty, B. D., Jones, J., & Donnelly, A. (2019). Basin-scale sources and pathways of microplastic that ends up in the Galápagos Archipelago. *Ocean Science*, 15(5), 1341–1349.
- Verschoor, A. J. (2015). Towards a definition of microplastics. *Ministry of Infrastructure and the Environment RIVM*, 42. Recuperado de <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2015-0116.pdf>
- Wang, J., Peng, J., Tan, Z., Gao, Y., Zhan, Z., Chen, Q., & Cai, L. (2017). Microplastics in the surface sediments from the Beijiang River littoral zone:

- Composition, abundance, surface textures and interaction with heavy metals. *Chemosphere*, 171, 248–258. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653516318069>
- Wenger, A. S., Harvey, E., Wilson, S., Rawson, C., Newman, S. J., Clarke, D., ... Evans, R. D. (2017). A critical analysis of the direct effects of dredging on fish. *Fish and Fisheries*, 18(5), 967–985. Recuperado de <http://doi.wiley.com/10.1111/faf.12218>
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483–492. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749113001140>
- Xiong, X., Zhang, K., Chen, X., Shi, H., Luo, Z., & Wu, C. (2018). Sources and distribution of microplastics in China's largest inland lake – Qinghai Lake. *Environmental Pollution*, 235, 899–906. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749117345591>
- Young, A. M., & Elliott, J. A. (2016). Characterization of microplastic and mesoplastic debris in sediments from Kamilo Beach and Kahuku Beach, Hawai'i. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1–2), 477–482. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X16309055>
- Zhang, K., Shi, H., Peng, J., Wang, Y., Xiong, X., Wu, C., & Lam, P. K. S. (2018). Microplastic pollution in China's inland water systems: A review of findings, methods, characteristics, effects, and management. *Science of The Total Environment*, 630, 1641–1653. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718307009>
- Zhang, K., Su, J., Xiong, X., Wu, X., Wu, C., & Liu, J. (2016). Microplastic pollution of lakeshore sediments from remote lakes in Tibet plateau, China.

- Environmental Pollution*, 219, 450–455. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749116304365>
- Zhang, K., Xiong, X., Hu, H., Wu, C., Bi, Y., Wu, Y., ... Liu, J. (2017). Occurrence and Characteristics of Microplastic Pollution in Xiangxi Bay of Three Gorges Reservoir, China. *Environmental Science & Technology*, 51(7), 3794–3801. Recuperado de <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b00369>
- Zhao, S., Zhu, L., & Li, D. (2015). Microplastic in three urban estuaries, China. *Environmental Pollution*, 206, 597–604. Recuperado de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749115300221>
- Zhao, S., Zhu, L., Wang, T., & Li, D. (2014). Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution. *Marine Pollution Bulletin*, 86(1–2), 562–568. [ehhttps://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X14004123](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X14004123)