

 EDUCACIÓN SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA	SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO	
	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO	
	Portada del Proyecto de Residencias Profesionales	

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR MICROPLÁSTICOS EN PLAYAS
ARENOSAS DE LA SUB-CUENCA TECOLAPILLA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA
DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE LOS TUXTLAS, VERACRUZ

SILVIA GUENDOLAY RAMOS

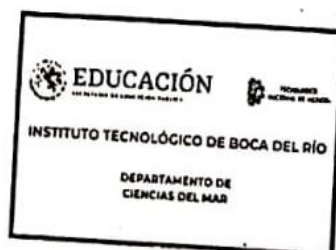
15990339

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

MARINA


Dra. Verónica Valadez Rocha


M.E. María Susana Rocha Mier



Boca del Río, Veracruz a 17 días de Diciembre del 2019

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a la Dra. Verónica Valadez rocha, por ser mi guía y mentor en el proceso de este proyecto, por motivarme a qué todo se puede lograr si trabajas duro.

A la empresa Gente sustentable A.C. por permitirme trabajar en este proyecto, especialmente agradezco a la M.E María Susana Rocha Mier por abrirme las puertas de su hogar, porque sin su colaboración, apoyo y dedicación, este estudio no hubiese sido posible.

A toda la comunidad de Zapotitlán, Veracruz, principalmente a la cooperativa de pescadores que participaron durante la recolecta de muestras del presente estudio y nos brindaron refugio, comida, transporte y sobre todo su confianza.

Y por último, pero no menos importante, a mis padres, por estar conmigo y apoyarme en todo momento, por creer en mí, porqué gracias a su trabajo y sacrificio en todos estos años he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que hoy soy. Son los mejores padres.

RESUMEN

La contaminación por microplásticos es una preocupación internacional. Las cuencas exorreicas conectan los diferentes ecosistemas costeros del Golfo de México y transportan materiales, nutrientes, organismos, pero también residuos que son transportados por las corrientes litorales y depositados en la línea de costa. Se realizó un estudio en colaboración con diversos actores de la región en la sub-cuenca Tecolapilla, perteneciente a la cuenca del Papaloapan para determinar la magnitud del problema de contaminación por microplásticos en cinco playas. Se recolectaron muestras a lo largo de transectos perpendiculares a la línea de costa, en tres zonas del transecto utilizando un cuadrante de un metro cuadrado y recolectando 5 litros de arena los cuales se tamizaron para obtener los microplásticos (1mm-5mm) que se clasificaron por tipo. Se realizó un Análisis de Varianza para determinar diferencias significativas en la composición de microplásticos entre zonas. Se determinó un número máximo de 78 unidades/m². En la mayoría de las playas la presencia de microplásticos fue mayor en la línea de marea alta y la línea de vegetación. En todas las playas las fibras y microfibras fueron los tipos de microplásticos más abundantes. El análisis de conglomerados por zona de muestreo indicó que las playas de Panteón mangle y La perla del Golfo tienen mayor contenido de microplásticos que las demás playas. Resulta preocupante, pues el área de estudio es de difícil acceso y cuenta con ambientes casi prístinos en el área de influencia de una Reserva de la Biósfera. Sin embargo, es de destacar que la participación de diferentes actores locales en el presente estudio pone en

manifiesto el interés local de conocer la magnitud del problema y encontrar soluciones.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	1
EMPRESA.....	3
Misión.....	5
Visión	5
Estructura organizacional y operativa.....	6
PROBLEMAS A RESOLVER.....	8
OBJETIVOS	10
Objetivo General	10
Objetivos Específicos	10
JUSTIFICACIÓN.....	11
MARCO TEÓRICO	13
Definición de Plásticos	13
Tipos y tamaños de los plásticos	14
Fuentes y origen de los micro plásticos	17
Efectos de los microplásticos en la biota	19
ACTIVIDADES.....	20
Recolección de muestras	20
Análisis de laboratorio	22
Análisis de datos obtenidos	24
RESULTADOS	24
CONCLUSIONES.....	37
RECOMENDACIONES.....	38
COMPETENCIAS DESARROLLADAS	39
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura operativa de Gente sustentable A.C	6
Tabla 2. Sistema de clasificación de microplásticos propuesto por Crawford Y Quinn, 2017	23
Tabla 3. Coordenadas de las cinco playas arenosas	25
Tabla 4. Número total de partículas de microplásticos observados en cada zona de la línea de costa de playa.	25
Tabla 5. Porcentaje total de cada categoría de microplásticos observados en cada estación de playa	26
Tabla 6. ANOVA de una vía, observándose la media y desviación estándar de cada categoría de clasificación. Diferentes letras denotan diferencias significativas ($p < 0.05$) para las categorías en las diferentes zonas	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la empresa Gente sustentable A.C.	6
Figura 2. Diagrama de flujo. Proceso de intervención comunitaria en los proyectos y programas de Gente sustentable A.C.	7
Figura 3. Mapa de localización de los puntos de muestreo utilizado el datum GSC WGS84	21
Figura 4. Indicadores de línea de costa para la recolección de las muestras. Identificación de la zona Línea inmediata de costa (LIC) Boak y Turner (2005); Línea de marea alta (LMA) Williams y Micallef (2009), y Línea de Vegetación (LV) Tinley, 1985; McGwynne y McLachlan (1992).	21
Figura 5. Análisis de laboratorio. Separación de partículas de microplásticos en muestras obtenidas	23
Figura 6. Prueba de la aguja caliente.....	23
Figura 7. Porcentajes de composición de microplásticos por cada zona de playa de Panteón Mangle.	27
Figura 8. Porcentajes de composición de microplásticos por cada zona de playa Zapotitlán	28
Figura 9. Porcentajes de composición de microplásticos por cada zona de playa Perla del Golfo.	28
Figura 10. Porcentajes de composición de microplásticos por cada zona de playa Oyapan	29
Figura 11. Porcentajes de composición de microplásticos por zona de playa carrizal.....	29
Figura 12. Porcentaje total de composición microplásticos en todas las playas muestreadas.....	30
Figura 13. Análisis de conglomerados por cada zona utilizando el algoritmo de Bray-Curtis.....	32
Figura 14. Ejemplos de fragmentos (5mm-1mm) de microplásticos recolectadas en las muestras de sedimento de playas.	33
Figura 15. Ejemplos de Fibras (5mm-1mm) recolectadas en las muestras de sedimento de playas.....	33
Figura 16. Ejemplos de microfibras (1mm-µm) recolectadas en muestras de sedimento de playas.....	34
Figura 17. Ejemplos de film (5mm-1mm) de microplásticos recolectados en muestras de sedimento de playas.	34

INTRODUCCIÓN

La producción y uso de plásticos en el mundo ha aumentado exponencialmente desde la década de 1950 hasta alcanzar más de 360 millones de toneladas en 2018. Siendo China el país con mayor producción de plásticos del mundo con el 30% del total a nivel mundial. Se estima que la producción mundial de plásticos superará los 1,000 millones de toneladas en 2050 (Plastics Europe, 2019). La excesiva producción de este material con escasa degradabilidad, conlleva a problemas debido a su acumulación y persistencia en el medio ambiente. Principalmente a los océanos donde ingresan de forma constante y se depositan en las playas de manera continua donde estos residuos están expuestos a la acción de diversos factores naturales como la incidencia de los rayos solares, lluvias, vientos y mareas que dan lugar a procesos de fragmentación, generando pequeñas partículas de plásticos. Dichas partículas son denominadas microplásticos cuando presentan tamaños inferiores a 5 mm (Silva et al., 2018). El término "microplástico" fue utilizado por primera vez por Thompson et al. (2004). Los microplásticos pueden clasificarse de acuerdo con su tamaño o a su composición. El interés por estudiarlos se centra en entender su origen, rutas de transporte e impactos adversos en la vida silvestre marina, además se conoce poco sobre esto (Cole et al., 2011), en comparación con el estudio del destino y los efectos ambientales de la basura plástica de mayor tamaño. Los primeros informes sobre la contaminación por microplásticos se

publicaron en la década de 1960, y se basaron en estudios del contenido estomacal de aves marinas varadas (FAO, 2015). Se menciona que el 80% de los residuos de plásticos en las playas se originan (1) de fuentes continentales, siendo transportados a las costas por ríos, viento, sistemas de drenaje hechos por el hombre o actividad humana, o (2) proceden de las corrientes oceánicas, donde se acumulan variedades de plásticos flotantes de baja densidad provenientes de las artes de pesca, los cuales son transportados a través de grandes distancias (Corcoran et al., 2009). El movimiento y distribución de los microplásticos es complejo y depende de muchos factores: flotabilidad, bio-incrustación, el tipo, tamaño y forma de los polímeros, el viento, las corrientes locales y de gran escala, la acción de las olas (FAO, 2015; GESAMP, 2016). Las áreas reportadas como afectadas por la presencia de microplásticos son: el mar Mediterráneo, los mares del este y el sureste asiático y las zonas de convergencia ecuatorial (giros) al norte del Atlántico y del Pacífico (Corcoran et al., 2009; Hidalgo et al., 2012; FAO, 2015; Yu et al., 2016; Waller et al., 2017; Yu et al., 2018).

No hay información sobre la contaminación por microplásticos en costas del estado de Veracruz. Esto genera la necesidad de llevar a cabo un estudio que constituya una línea base y ayude a diagnosticar el estado actual de esta problemática ambiental, como un primer paso hacia la reducción de la contaminación marina por desechos plásticos en la Región de los Tuxtlas, Veracruz.

EMPRESA

Gente Sustentable es una Asociación sin ánimo de lucro que comenzó sus labores el 27 de diciembre de 2012, conformada por un equipo interdisciplinario con experiencia y alto compromiso social que promueve el desarrollo sustentable en distintas comunidades de nuestro país, principalmente en sectores de población vulnerables, implementando planes, programas y proyectos que desarrollan capacidades y conocimiento en: proyectos productivos; innovación y transferencia de tecnología; restauración y preservación del medio ambiente. Buscando construir una ciudadanía consciente y preparada para enfrentar los problemas ambientales que vivimos, para mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático, gestionando financiamiento y apoyos de la iniciativa privada, programas de gobierno y organizaciones de la sociedad civil.

Su capital lo obtienen principalmente de apoyos comunitarios y a partir del financiamiento de proyectos por el CONACYT, FAO, ONU, Fondo mexicano para la conservación de la naturaleza, PROCER de CONANP-SEMARNAT, Fondo Ambiental Veracruzano, PROCODES, entre otras instituciones de gobierno. En el 2013 comenzaron su primer proyecto: Consulta social de las comunidades aledañas a la Laguna del Ostión, del Municipio de Pajapan, Veracruz, para declaratoria como sitio RAMSAR. En la que trabajaron con la CONANP como institución aliada y/o co-partícipe. De esta manera comenzando su larga trayectoria histórica aliándose con diversas instituciones,

por mencionar algunas como la SEMARNAT, para llevar a cabo en el 2015 un programa de Apoyo técnico para el Programa de Recuperación de Manantiales y Riveras de la Microcuenca Xoteapan, del Municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz.

En el 2016, con el Centro de Gestión Municipal de San Andrés Tuxtla, Ver. y La Dirección de la Reserva de Biosfera de los Tuxtlas, para llevar a cabo la Gestión de recursos en el PROCER de CONANP-SEMARNAT en Programa de Sensibilización para la Conservación de las Tortugas Marinas en las costas de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas. En este mismo año también formaron alianzas con el Centro de Gestión Municipal de San Andrés Tuxtla, Ver. y el Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla (ITSSAT), para llevar a cabo el Estudio de la calidad del agua en la Microcuenca Xoteapan y manantiales de uso urbano, en el Municipio de San Andrés Tuxtla, Ver.

En el 2017, trabajando con el apoyo del FONDO GOLFO, A.C. y el FONDO MEXICANO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, A.C en el Programa de restauración de la microcuenca Xoteapan perteneciente a la Cuenca Papaloapan, a través de la reconversión productiva hacia prácticas sustentables.

En el 2018, con la FAO y la SAGARPA en el Programa Estratégico de Seguridad Alimentaria para Zonas Rurales en la Sierra de Querétaro; y actualmente trabajando en el Proyecto de Ecoturismo en los Arrecifes de los Tuxtlas, aliándose con el Fondo Ambiental Veracruzano y Pescadores del Faro Zapotitlán S.C. de R.L.

Misión

Promover el desarrollo sustentable en comunidades de nuestro país, principalmente en sectores de población vulnerables, para el despliegue de capacidades y conocimientos que permitan la ejecución de proyectos productivos con prácticas amigables con el ambiente; la implementación de innovaciones y transferencia de tecnología para el eficiente uso de los recursos naturales; y la restauración y preservación de paisajes, con énfasis en suelo y agua.

Visión

Ser una organización reconocida por la experiencia, ética y profesionalismo de su equipo de trabajo, quienes influyen de manera importante en la construcción de una ciudadanía más consciente de los riesgos del deterioro ambiental y su actuación para afrontarlo.

Estructura organizacional y operativa

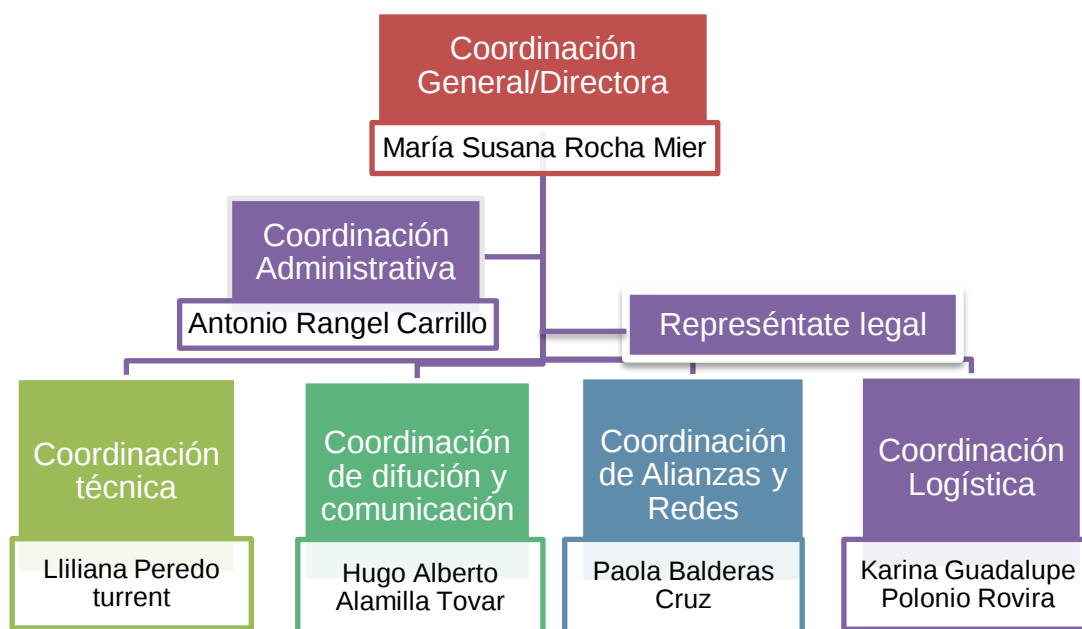


Figura 1. Organigrama de la empresa Gente sustentable A.C.

Tabla 1. Estructura operativa de Gente sustentable A.C

CARGO	NOMBRE	AREA DE ESPECIALIDAD
Coordinación General/Directora	María Susana Rocha Mier	Licenciada en Ciencias de la Comunidad, Maestría en Educación con Especialidad en Comunicación. Experiencia en: Educación Ambiental y Desarrollo Rural
Coordinación Administrativa/ Representante Legal	Antonio Rangel Carrillo	Médico Veterinario Zootecnista, Licenciado en Desarrollo Sustentable. Experiencia en: Desarrollo Rural y Ganadería Regenerativa.
Coordinación Técnica	Liliana Peredo Turrent	Ingeniera Ambiental. Experiencia en Educación Ambiental, Viverismo y Restauración de Ecosistemas.
Coordinación de Difusión y Comunicación	Hugo Alberto Alamilla Tovar	Ingeniero en acuacultura, Maestría en Educación, Doctorante en Gestión Ambiental. Experiencia en Sistemas Agroecológicos.

Coordinación de Alianzas y Redes	Paola Balderas Cruz	Bióloga Marina, Doctorante en Gestión Ambiental. Experiencia en: Educación Ambiental, Conservación de Tortugas Marinas, Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental.
Coordinación Logística	Karina Guadalupe Polonio Rovir	Licenciada en Desarrollo Sustentable. Experiencia en Educación Ambiental y Ecotecnias.



Figura 2. Diagrama de flujo. Proceso de intervención comunitaria en los proyectos y programas de Gente sustentable A.C.

PROBLEMAS A RESOLVER

En la actualidad se estima que aproximadamente el 80% de los desechos que se encuentran en el mar están constituidos por plásticos, alcanzando en algunos lugares hasta un 95%. Entre éstos se incluyen los macroplásticos y microplásticos, que en su mayoría son de origen terrestre (Moore, 2008). Estos contaminantes aparecen ampliamente distribuidos a nivel mundial y poseen un alto potencial para causar daños a la biota (Rands et al., 2010).

Los residuos plásticos más grandes son fácilmente visibles y se han demostrado muchos tipos de impacto social, económico y ecológico negativo, que van desde el enredo de la vida silvestre en artes de pesca hasta el bloqueo de las tomas de agua de refrigeración en los barcos, que requieren intervención de los servicios de rescate. En cuanto a los fragmentos de plásticos más pequeños, son menos visibles para el observador ocasional y por lo tanto los posibles impactos negativos son menos obvios. Su tamaño inferior a 5mm, es la razón por la que pasaron desapercibidos como objeto de estudio durante años, sin embargo es lo que resulta peligroso debido a que facilita aún más su distribución y deposición a otros ecosistemas provocando daños a mayor escala, así mismo los hace persistente a la biodegradación en el ambiente, y capaces de acumular metales y contaminantes orgánicos persistentes en el

medio acuático, además son prácticamente imposibles de remover una vez liberados.

Estas pequeñas partículas entran en los océanos de formas muy diversas (descargas fluviales, viento, fuerzas mecánicas y actividades marítimas) y son distribuidas a todas las cuencas oceánicas por las corrientes marinas, resultando en una distribución global de estos materiales. Su presencia en la diversidad de hábitats oceánicos, y acuáticos en general, no hace sino incrementar el número de ecosistemas y organismos vulnerables a su exposición.

La presencia de estos microplásticos puede afectar a los seres vivos de diversas formas, principalmente a) ser ingeridos, b) transferirse a lo largo de la cadena trófica, c) interaccionar en la incorporación de otros contaminantes y d) proporcionar un nuevo hábitat en el medio marino.

Hay que decir también, que su presencia afecta estéticamente las playas y áreas de manglar, que constituyen un importante recurso natural y turístico, así como una forma de ingreso para poblaciones locales (Silva-Cavalcanti et al., 2009). Además, no se sabe con exactitud, pero se investiga, que la presencia de residuos plásticos en sedimentos de playas podría estar afectando el proceso de anidación en tortugas marinas.

No obstante lo anterior, y a pesar del conocimiento disponible sobre los diversos impactos ambientales que producen los microplásticos presentes en el medio marino, no existen datos cuantitativos actuales sobre la naturaleza y

distribución de micro plásticos para el estado de Veracruz; específicamente en ambientes prístinos, como lo es, la Reserva de la Biósfera de los Tuxtlas, en Veracruz.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la ocurrencia y tipología de microplásticos en cinco playas arenosas de la sub-cuenca Tecolapilla de tres municipios (Catemaco, Mecayapan y Tatahuicapan de Juárez) del suroeste de Veracruz.

Objetivos Específicos

1. Cuantificar las partículas de microplásticos encontradas en cinco playas arenosas de la sub-cuenca de Tecolapilla, considerando en cada una, tres zonas indicadoras de la línea de la costa (Línea de costa -LC, Línea de marea alta - LMA y línea de vegetación LV).
2. Identificar la tipología de microplásticos en cada muestra basados en el Sistema de clasificación de microplásticos propuesto por Crawford y Quinn, 2017.
3. Analizar y comparar la ocurrencia de microplásticos entre los indicadores de línea de costa y las playas.

JUSTIFICACIÓN

Aunque se conoce que los microplásticos están ampliamente distribuidos en el mundo, no existen actualmente estimaciones globales, y mucho menos regionales. La falta de una nomenclatura específica, junto con dificultades prácticas para tomar muestras y medir diferentes rangos de tamaño en el campo, ha fomentado la adopción generalizada de microplásticos como término genérico para piezas de plástico (GESAMP, 2015). Esto impide comparar y relacionar los resultados obtenidos en los diversos estudios realizados en varios entornos del medio ambiente marino. Habría que decir también, que son contados los trabajos que se han realizado para el Golfo de México, particularmente en playas u otros ambientes marinos y no hay registro de estudios acerca de la ocurrencia y distribución de microplásticos en las costas de Veracruz.

Dado que el área de estudio se encuentra en el área de influencia de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas, que resguarda gran parte de la diversidad de flora y fauna del país en tierra. Y además de esto, en el medio marino, los arrecifes costeros bordeantes, que resguardan la zona, suponen una alta concentración de especies marinas como, peces, crustáceos, moluscos, equinodermos, entre otros; que son considerados el sustento de las comunidades cercanas; y sin olvidar también, que las playas son hábitat de anidación de 4 especies de tortugas. Tortuga verde (*Chelonia mydas*, Linnaeus,

1758), Tortuga Laúd (*Dermochelys coriácea*, Linnaeus, 1766), Tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*, Linnaeus, 1766) y Tortuga Lora (*Lepidochelys kernpi*, Garman, 1880) (Briseño y Grobois, 1998).

Las playas en esta zona se encuentran influenciadas por algunas de las 73 descargas exorreicas (INEGI, 2019) que se registran para la sub-cuenca Tecolapilla. Es por ello, que la presencia de microplásticos representa un grave riesgo para la salud de los ecosistemas, puesto que, por su tamaño, son confundidos con partículas orgánicas y pueden incorporarse a las cadenas tróficas con impactos aun no determinados.

Es de destacar que la participación de diferentes actores locales en el presente estudio pone de manifiesto el interés local. La Cooperativa de pescadores del faro de Zapotitlán, de un grupo de mujeres a cargo del campamento tortuguero de la comunidad, quienes en su búsqueda por diversificar sus fuentes de ingresos, están interesados en conocer sus recursos para proponer alternativas sustentables para su aprovechamiento; y después de asociarse con otros actores locales y gracias a la Gestión de la Asociación Civil, Gente Sustentable, buscaron la colaboración con el Instituto Tecnológico de Boca del Río, logrando a través de la suma de esfuerzos llevar a cabo este estudio donde todos participaron para conocer la magnitud del problema, y encontrar soluciones, que permitan el involucramiento de las diferentes autoridades.

MARCO TEÓRICO

Definición de Plásticos

El término "plástico" se utiliza aquí para definir una subcategoría de la clase más grande de materiales llamados polímeros. Los polímeros son moléculas muy grandes que tienen una arquitectura molecular similar a una cadena característicamente larga y, por lo tanto, pesos moleculares medios muy altos. Pueden consistir en repetir unidades idénticas (homopolímeros) o diferentes subunidades en varias secuencias posibles (copolímeros). Los polímeros que se ablandan al calentarse y pueden moldearse se denominan generalmente materiales plásticos. Estos incluyen tanto resina plástica, virgen pellets (fácilmente transportados antes de fabricación de objetos plásticos), así como las resinas mezcladas (o mezcladas) con numerosos aditivos para mejorar el rendimiento del material. Los aditivos pueden incluir típicamente rellenos, plastificantes, colorantes, estabilizadores y ayudas de procesamiento. Además de los termoplásticos, también incluyen algunos materiales termoestables como espumas de poliuretano, resinas epoxi y algunas películas de recubrimiento. Los termoestables son materiales reticulados que no se pueden volver a moldear al calentarse. Sin embargo, estos también se cuentan generalmente dentro de la categoría de "plásticos" (cole, 2013; FAO, 2015; GESAMP, 2015).

Los primeros registros de producción de plástico, se remonta a 1284 en la empresa "The Horners Company" de Londres, donde fabricaban un plástico de origen natural compuesto de una mezcla de cuero y carey (PlasticsEurope,

2012). Posteriormente, se siguieron utilizando materiales naturales para generar este producto moldeable y práctico hasta que en 1862 se creó, de la mano de Alexander Parkes, el primer plástico semi- sintético de nitrato de celulosa, dando pie al plástico sintético que actualmente conocemos (Plastics Europe, 2012).

Tipos y tamaños de los plásticos

Los plásticos abarcan una gran familia de materiales que se pueden clasificar según la Plastics Europe en varios tipos.

Bioplásticos. Los bioplásticos se fabrican en su totalidad o en parte a partir de recursos biológicos renovables. Por ejemplo, la caña de azúcar se procesa para fabricar etileno, que a su vez se utiliza para fabricar polietileno. El almidón se puede procesar para producir ácido láctico y posteriormente ácido poliláctico (PLA) (Europaplastics, 2019).

Los plásticos biodegradables. Son plásticos que en determinadas condiciones los microorganismos degradan y convierten en agua, dióxido de carbono (o metano) y biomasa. Para guiar a los consumidores en sus decisiones e inspirarles confianza en la biodegradabilidad del plástico, se han implementado unas normas universales, se han desarrollado nuevos materiales y se ha creado un logo para compostables (Europaplastics, 2019).

Plásticos Termoestables. Los plásticos termoestables son materiales sintéticos tratados para provocar un cambio en su composición química, creando una red tridimensional. Una vez calentados y formados, no se pueden

volver a fusionar y cambiar de forma. Probablemente la baquelita es el plástico termoestable más conocido. Los plásticos termoestables conservan su fuerza y forma incluso cuando se calientan. Por eso son ideales para la producción de componentes permanentes y grandes formas sólidas. Son resistentes y no se debilitan cuando aumenta la temperatura. Cada tipo de plástico termoestable tiene un conjunto de propiedades único. Las resinas epoxi, por ejemplo, ofrecen elasticidad y una resistencia química excepcional, además de ser relativamente fáciles de endurecer. Los fenoles, aunque son bastante fáciles de moldear, son quebradizos y duros (Europaplastics, 2019).

Plásticos Termoplásticos. Los termoplásticos se definen como polímeros que se pueden fundir y remodelar casi indefinidamente. Se derriten cuando se calientan y endurecen cuando se enfrían. Sin embargo, si se congela, el termoplástico se puede romper, igual que el vidrio. Esas características, a las que deben su nombre, son reversibles, por lo que el material se puede recalentar, remodelar y congelar muchas veces. Por eso los termoplásticos se reciclan mecánicamente. Algunos de los tipos de termoplástico más comunes son el polipropileno, el polietileno, el policloruro de vinilo, el poliestireno, el tereftalato de polietileno y el policarbonato (Europaplastics, 2019).

Los plásticos técnicos. ofrecen un mayor rendimiento que los materiales estándar, y son ideales para aplicaciones técnicas que requieren plásticos duros. Gradualmente han ido reemplazando a los materiales técnicos tradicionales, como la madera o el metal, en muchas aplicaciones, porque no solo los superan en la relación peso/fuerza y otras propiedades, sino que

también son mucho más fáciles de fabricar, sobre todo cuando se trata de formas complicadas. Ofrecen mejor rendimiento en ámbitos como la resistencia al calor, la resistencia a los productos químicos, la resistencia al impacto, la no propagación de la llama y la fuerza mecánica (Euro Plastics, 2019).

Se producen a nivel mundial diferentes tipos de plástico, pero el mercado está dominado por 6 clases de plásticos: polietileno (PE, alta y baja densidad), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno (PS, incluyendo EPS expandido), poliuretano (PUR) y tereftalato de polietileno (PET). Los plásticos generalmente se sintetizan a partir de combustibles fósiles, pero la biomasa también se puede utilizar como materia prima (GESAMP, 2015).

La principal característica que hace este material atractivo para el ser humano es su durabilidad, a la vez es también su mayor problema ya que es extremadamente resistente a su degradación. Debido a la acción bacteriana, el oxígeno atmosférico, la radiación ultra violeta y la fuerza mecánica del oleaje, el 99% del plástico que llega a los océanos se fragmenta en partículas minúsculas conocidas como microplásticos. (Rojo et al., 2017).

Pequeños trozos de plástico flotante en el océano de superficie fueron reportados por primera vez en la literatura científica a principios de la década de 1970 (GESAMP, 2015), y publicaciones posteriores describieron estudios que identifican fragmentos plásticos en aves en la década de 1960 (Harper y Fowler 1987, citado en GESAMP, 2015). No está claro cuándo se utilizó por primera vez el término "microplástico" en relación con los desechos marinos. Fue mencionado por Ryan y Moloney (1990) al describir los resultados de las

encuestas de playas sudafricanas, y en informes de cruceros de la Asociación de Educación Marítima en la década de 1990 y por Thompson et al. (2004) describiendo la distribución de fragmentos de plástico en el agua de mar. En ese momento no se propuso ninguna definición formal del tamaño, pero en general el término material implícito, es que son partículas que sólo podrían ser identificadas con la ayuda de un microscopio. Desde entonces se ha utilizado ampliamente para describir pequeños trozos de plástico en el rango de tamaño milimétrico a submilimétrico, aunque no ha sido reconocido formalmente. (GESAMP, 2015; FAO, 2015).

Una definición más rigurosa desde el punto de vista científico de las piezas de plástico podría referirse a los rangos de mega-tamaños y meso-plásticos (500 μm – 5 mm), micro-plásticos (50-500 μm) y nano-plásticos (<50 μm) y, aunque esto aún no ha sido propuesto formalmente para su adopción por la comunidad internacional de investigación. En la actualidad, la falta de una nomenclatura acordada, junto con dificultades prácticas para tomar muestras y medir diferentes rangos de tamaño en el campo, ha fomentado la adopción generalizada de microplásticos como término genérico para piezas de plástico con un tamaño inferior a 5 mm (GESAMP, 2015).

Fuentes y origen de los micro plásticos

Los microplásticos provienen de diversas fuentes y se clasifican en dos categorías generales. Por un lado, se encuentran los microplásticos primarios: incluyen "depuradores" industriales utilizados para voladuras de superficies limpias, polvos de plástico utilizados en moldeo, microperlas en formulación

cosmética y nanopartículas de plástico utilizadas en una variedad de procesos industriales; Así como, resina virgen esférica o cilíndrica. Los pellets típicamente alrededor de 5 mm de diámetro, se utilizan ampliamente durante la fabricación de plásticos y el transporte de la resina básica 'materia prima' antes de la producción de productos plásticos (GESAMP 2015) y, por otro lado, se encuentran los microplásticos secundarios. Éstos se forman por la degradación química (oxidación), física (calor, luz UV y acción mecánica), y/o degradación microbiana de los productos plásticos (como bolsas de plástico, materiales de embalaje de alimentos y cuerdas, por ejemplo) o las emisiones de microplásticos durante el transporte terrestre (la fuente más importante es la abrasión de los neumáticos de automóviles en uso). (FAO, 2015; Sarria y Gallo, 2016).

La mayor fuente de microplásticos depositados en ambientes marinos, incluye las aguas residuales de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y las descargas de las zonas urbanas, rellenos sanitarios y áreas industriales. Los microplásticos usados como aditivos en algunos productos de cuidado personal y fibras de microplásticos de telas sintéticas tales como poliéster y poliamida son descargados durante el lavado de las prendas de vestir, terminando finalmente en las aguas residuales. Estos microplásticos frecuentemente no son removidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales debido a su tamaño inferior a 5mm y flotabilidad; siendo liberados a los cuerpos de agua tales como los ríos, lagos, arroyos y otros efluentes exorreicos, que como destino final tienen los océanos (Sarria y Gallo, 2016).

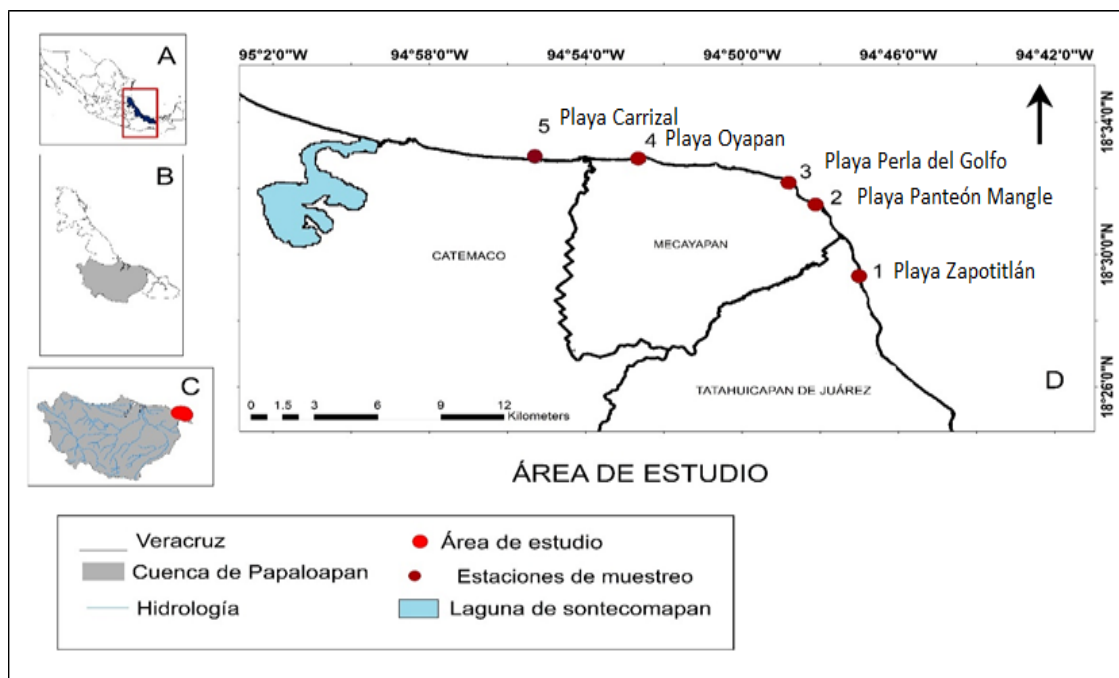
Efectos de los microplásticos en la biota

Se han reportado casos de consumo de microplásticos por parte de fauna acuática en diferentes hábitats que incluyen la superficie marina, la columna de agua, el fondo marino, los estuarios, las playas y las instalaciones de acuicultura. Se ha observado que más de 220 especies diferentes ingieren desechos microplásticos en condiciones naturales. Excluyendo aves, tortugas y mamíferos, el 55% son especies (de invertebrados a peces) que tienen importancia comercial, tales como los mejillones, las ostras, las almejas, el camarón pardo, la cigala, las anchoas, las sardinas, los arenques del Atlántico, el estornino del Atlántico, las macarelas, las bacaladillas, el bacalao atlántico, la carpa común y la corvina amarilla, entre otros (GESAMP 2015, 2016).

ACTIVIDADES

Recolección de muestras

Se recolectaron muestras de sedimentos entre julio y agosto de 2019 (época seca) siguiendo el protocolo de Wessel et al. (2016) ligeramente modificado, en cinco playas arenosas localizadas en los municipios de Catemaco, Tatahuicapan de Juárez y Mecayapan en la subcuenca Tecolapilla, perteneciente a la Cuenca del Papaloapan (RH28As) en el estado de Veracruz (figura 3). Se tomaron coordenadas geográficas del sitio de muestreo utilizando GPS móvil. Se trazó un transecto perpendicular a la línea de costa y se identificaron los siguientes indicadores: Línea inmediata de costa (LIC), establecido por Boak y Turner (2005) su localización varía con las mareas, corresponde al límite de agua instantánea; Línea de marea alta (LMA), establecida por Williams y Micallef (2009) que corresponde a la zona que queda completamente sin agua en mareas bajas, y Línea de Vegetación (LV), establecido por Tinley, 1985; McGwynne y McLachlan (1992), zona donde hay presencia y composición de la cubierta vegetal (figura 4). En cada uno de estos indicadores se realizó un cuadrante de 1m^2 . Y en cada cuadrante se recolectaron 5 l de arena utilizando palas de metal, a una profundidad de 5 cm.



La muestra de arena de 5l se tamizó con tamices de 5mm y 1mm para obtener sólo la fracción de microplásticos. Los fragmentos colectados en el tamiz de 1mm, se colocaron en tubos de ensaye y se añadió alcohol para su preservación.

Análisis de laboratorio

Utilizando un microscopio estereoscópico marca Optika y estuche de disección. Se observaron las muestras de sedimentos recolectadas y se separaron los microplásticos, colocándolos en tubos Eppendorf con agua destilada (Figura 6). Una vez separadas las partículas, se aplicó la prueba de la aguja caliente, esto solo cuando había duda de la naturaleza de la partícula. Consiste en calentar una aguja y hacerla pasar sobre las partículas de microplástico, en presencia de la aguja muy caliente, las piezas de plástico se derretirán o se curvarán. En cuanto a los materiales biológicos y otros materiales no plásticos no lo harán (figura 5) (basada en De Witte et al., 2014). Las partículas se clasificaron de acuerdo al sistema de clasificación de microplásticos (Crawford y Quinn, 2017), representado en la tabla 2. Se midieron y cuantificaron las partículas obtenidas y se tomaron evidencias fotográficas.



Figura 6. Prueba de la aguja caliente
(Basada en De Witte et al., 2014).

Figura 5. Análisis de laboratorio.
Separación de partículas de
microplásticos en muestras obtenidas

Tabla 2. Sistema de clasificación de microplásticos propuesto por Crawford Y Quinn, 2017

Abreviación	TIPO	TAMAÑO
PT	Pellets	<5 mm–1 mm
MPS	micro pellets	<1 mm–1 μ m
FR	Fragmento	<5 mm–1 mm
MFR	micro fragmento	<1 mm–1 μ m
FB	Fibra	<5 mm–1 mm
MFR	Microfibras	<1 mm–1 μ m
FI	Film	<5 mm–1 mm

Análisis de datos obtenidos

Utilizando software Statistics versión 4.0 (STATSOFT) se realizó un análisis de varianza de una vía con intervalo de confianza de 95% a nivel regional (considerando todas las playas) para determinar si existe una diferencia significativa entre la composición de microplásticos por cada zona de cada playa. Y con el software Past versión 3.0 se ingresó datos sobre el número de descargas fluviales con influencia en cada playa, esto para determinar similitud de playas a partir de un análisis de conglomerados.

RESULTADOS

Todas las muestras muestran presencia de micro plásticos (5mm – < 1mm) por metro cuadrado (#partículas/ m²). En la tabla 4, se observa que la zona donde se acumulan mayor número de partículas de micro plásticos es la zona LMA (179 partículas/m²), mientras que la zona que presenta menor número de micro plásticos es la LIC (62 partículas/m²).

Dentro de las cinco estaciones de muestreo, la playa con mayor abundancia y diversidad de microplásticos fue el panteón mangle, con un total de 156 partículas/m².

Tabla 3. Coordenadas de las cinco playas arenosas

Número de playa	Playa	Latitud (N)	Longitud (O)
1	Zapotitlán	18°29'21.10"	-94° 47'00.18"
2	Panteón Mangle	18°31'30.62"	-94° 48'07.00"
3	Perla del Golfo	18°32'10.14"	-94° 48'48.38"
4	Oyapan	18°32'54.15"	-94° 52'39.33"
5	Carrizal	18°32'50.09"	-94° 55'10.27"

Se contabilizaron los microplásticos clasificados de acuerdo con la clasificación de Crawford y Quinn, (2017), como se muestra en tabla 5, se puede observar que la distribución de los tipos de microplástico se dio de manera desigual, siendo las partículas de menor densidad, como las fibras, las que se encuentran en mayor porcentaje en la zona de LV y en la LIC, mientras que las microfibras se encuentran con mayor abundancia en la LMA.

Tabla 4. Número total de partículas de microplásticos observados en cada estación de playa.

ZONAS			
Playas	LIC	LMA	LV
1 Zapotitlán	8	5	10
2 Panteón mangle	0	78	78
3 Perla del Golfo	35	59	9
4 Oyapan	10	10	12
5 Carrizal	9	27	43
Total de Micro plásticos	62	179	152

Tabla 5. Porcentaje total de cada categoría de microplásticos observados en cada zona de la línea de costa de playa.

	ZONAS			
CLASIFICACIÓN	LIC	LMA	LV	PORCENTAJE
pellets	0	1	1	1%
microparticulas	0	2	1	1%
fragmento	12	16	30	15%
microfragmento	9	1	25	8%
Fibra	32	67	69	43%
Microfibras	8	64	0	18%
Film	1	28	26	14%

Con respecto a la composición de microplásticos en cada playa estudiada, cabe destacar, que la estación de Oyapan, cuenta con tres descargas fluviales, arena fina, energía alta y que no tiene arrecifes bordeantes que la protejan. En esta playa la distribución de partículas para cada zona, muestra un patrón definido de diversidad de manera descendente; fibras, microfibras, fragmentos y micro fragmentos en la LIC; Microfibras y fibras en la LMA; y solo fibras en la LV (Figura 10). La misma tendencia ocurre en la estación Perla del Golfo (Figura 9), siendo similar en cuanto al número de descargas fluviales, la composición de la arena de la playa, energía media, pero, a diferencia de la playa de Oyapan, está protegida por arrecifes someros. Las estaciones Zapotitlán y Panteón de mangle, ambas son similares. Presentan cuatro descargas fluviales, se componen de arena fina, tienen media energía y se encuentran bordeadas por parches de arrecifes someros; la diversidad tipológica de partículas de

microplástico presenta un patrón de distribución similar a las anteriores, siendo las fibras las que predominan en las zonas LIC (solo para el caso de Zapotitlán) y LV (para la playa de Panteón mangle) (Figura 7 y 8). Lo contrario ocurre en la estación de Carrizal, que se encuentra influenciada por dos descargas fluviales, tiene la energía más alta y está compuesta por arena gruesa, en la que se puede observar fibras, microfibras y fragmentos en la LIC, presencia de microfragmentos que se incluyen en la LMA y un alto porcentaje de micro fragmentos (55%) en la LV (Figura 11).

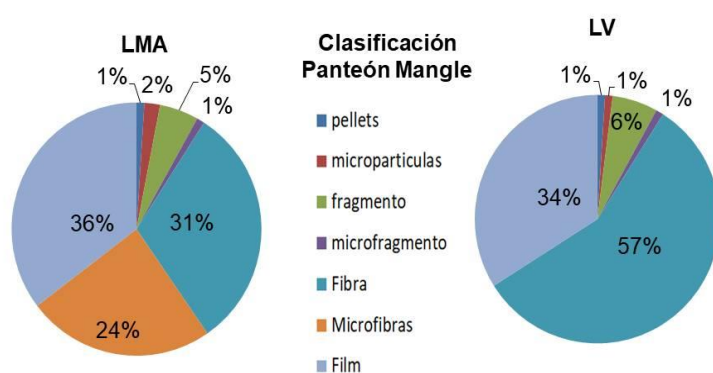


Figura 7. Porcentajes de composición por cada zona de playa de Panteón Mangle.

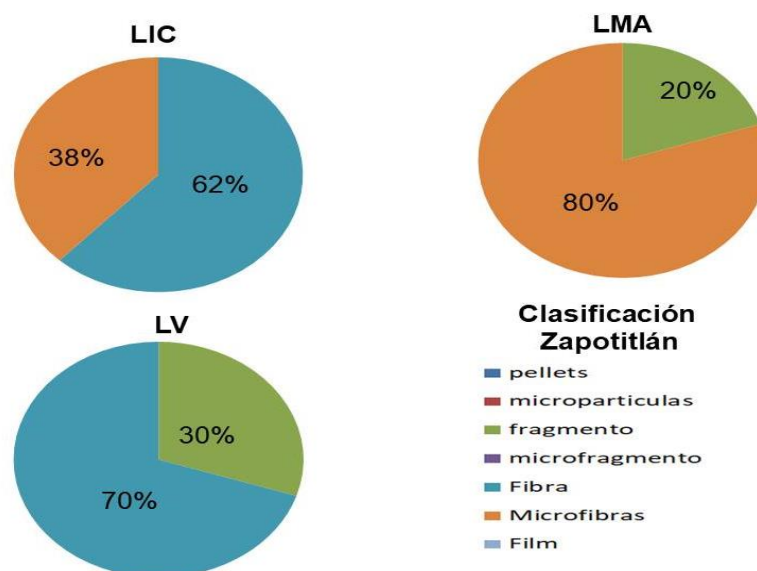


Figura 8. Porcentajes de composición de microplásticos por cada zona de playa Zapotitlán

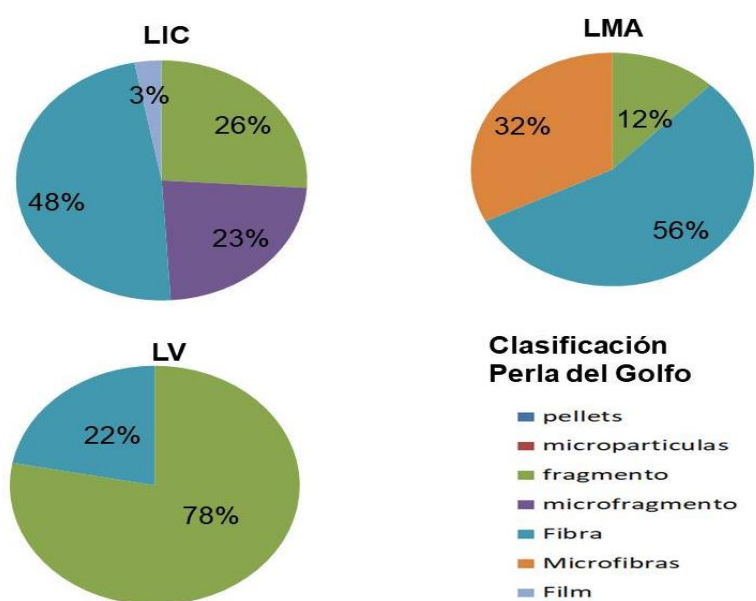


Figura 9. Porcentajes de composición de microplásticos por cada zona de playa Perla del Golfo.

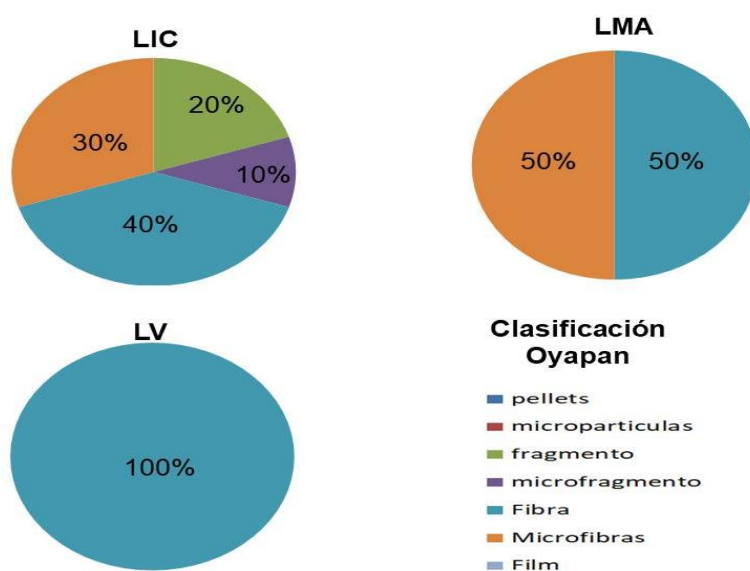


Figura 10. Porcentajes de composición de microplásticos por cada zona de playa Oyapan

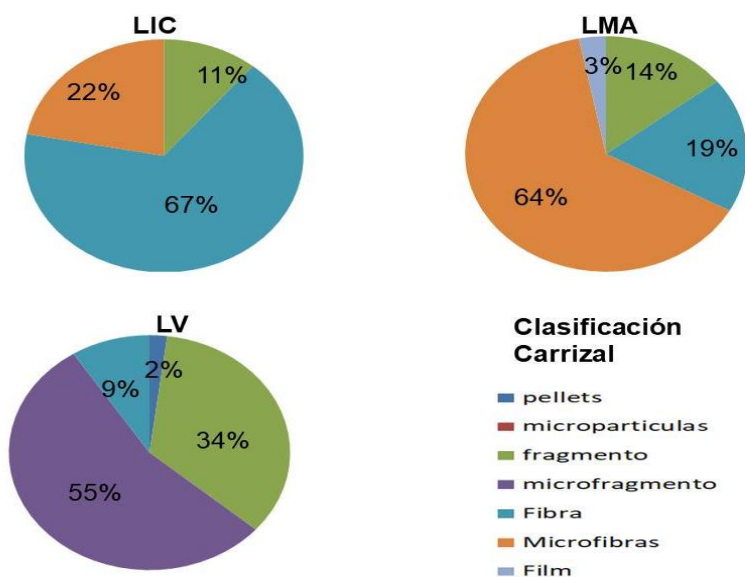


Figura 11. Porcentajes de composición de microplásticos por zona de playa carrizal

Del 100% de micro plásticos cuantificados (393), las fibras (5mm-1mm), fueron la categoría más común representando un 43% del total de micro plásticos recolectados. Las microfibras (1mm) fueron la segunda categoría más común con 18% y por último los fragmentos (5mm-1mm) con 15% (figura 12).

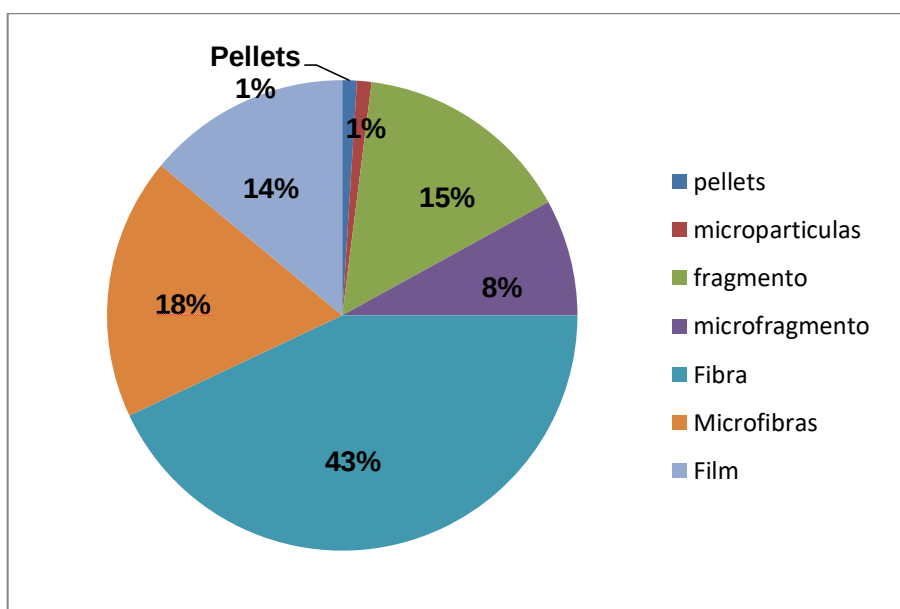


Figura 12. Porcentaje total de composición microplásticos en todas las playas muestreadas.

El análisis de conglomerados por zona se muestra en la figura 13. Cada letra representa a una zona; a) Clúster de Línea Inmediata de Costa, b) Clúster Línea de Marea Alta y c) Clúster de Línea de Vegetación. Los números representan las playas muestreadas; 1 (Zapotitlán), 2 (Panteón Mangle), 3 (Perla del Golfo), 4 (Oyapan) y 5 (Carrizal). Los colores representan el número de descargas fluviales con influencia en la playa, café dos descargas fluviales; Azul tres descargas fluviales y Negro cuatro Descargas fluviales. Los resultados indican que las playas 3 (Perla del Golfo) y 4 (Oyapan) y 1 (Zapotitlán) muestran una composición similar de micro plásticos en la LIC (Figura 9). Panteón mangle (2) y Perla del Golfo (3) tienen mayor contenido de microplásticos que las demás y esto puede deberse a que ambas zonas son cercanas (1km de distancia), se encuentran dentro de la misma celda costera y presentan una pendiente suave y una composición de sedimentos similar, (Arena fina) y ambas se encuentran influenciadas por tres descargas fluviales. Estos resultados sugieren, que los numerosos cuerpos de agua que drenan al mar en esta zona acarrearán estos materiales desde tierra y luego son transportados y depositados por las corrientes y el oleaje. En cuanto a la similitud en la composición de microplásticos en la LMA las playas que mostraron mayor similitud fueron Panteón de mangle (2) y Perla del Golfo (3) que forman un grupo en el árbol de similitud. Otro grupo lo forman las playas Oyapan (4) y Carrizal (5); La playa de Zapotitlán (1) se separa de ambos grupos (Figura 13). En LV la composición de microplásticos es similar en Zapotitlán (1), Perla del Golfo (2) y Oyapan (3) (Figura 13) ambas de arena fina, de baja pendiente y de baja energía. Otro grupo lo forman las playas Panteón de

mangle (2) y Carrizal (5) (Figura 13). Estas dos playas se caracterizan por la ausencia de parches de arrecife bordeante y presentan alta energía, Carrizal (5) tiene sedimentos gruesos y una pendiente pronunciada lo que la hace diferente a las demás playas.

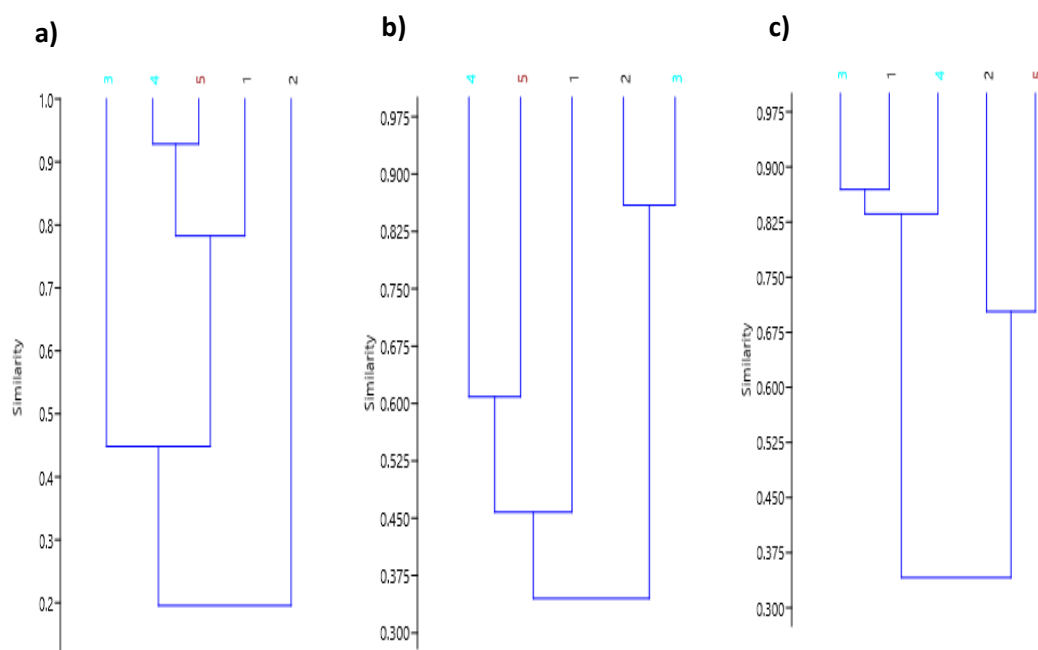


Figura 13. Análisis de conglomerados por cada zona utilizando el algoritmo de Bray-Curtis.

Las letras representan los Clúster de las zonas a) Línea Inmediata de Costa, b) Línea de Marea Alta y c) Línea de Vegetación. Los números representan las playas muestreadas; 1 (Zapotitlán), 2 (Panteón Mangle), 3 (Perla del Golfo), 4 (Oyapan) y 5 (Carrizal). Los colores representan el número de descargas fluviales con influencia en la playa, café dos descargas fluviales; Azul tres descargas fluviales y Negro cuatro Descargas fluviales.



Figura 14. Ejemplos de fragmentos (5mm-1mm) de microplásticos recolectadas en las muestras de sedimento de playas.

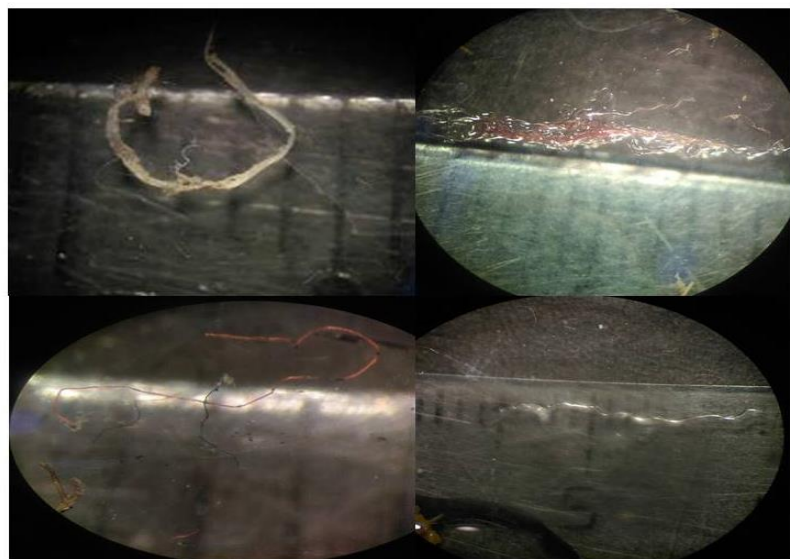


Figura 15. Ejemplos de Fibras (5mm-1mm) recolectadas en las muestras de sedimento de playas.

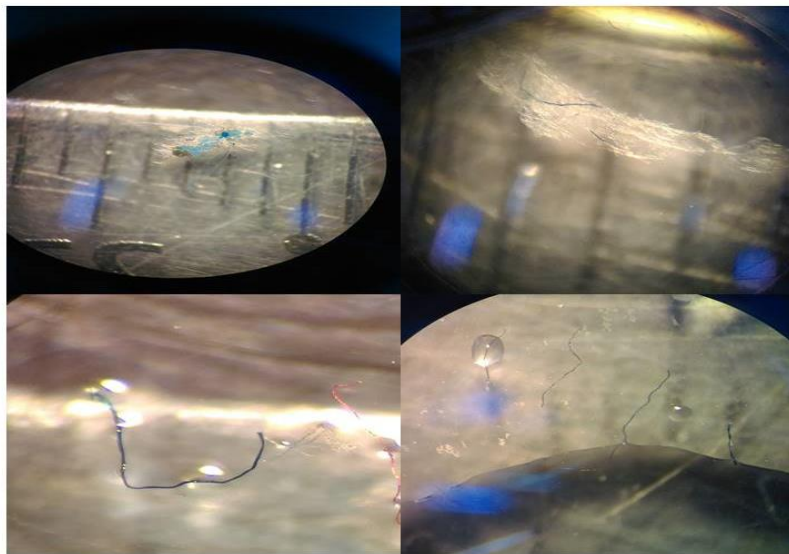


Figura 16. Ejemplos de microfibras (1mm-µm) recolectadas en muestras de sedimento de playas.



Figura 17. Ejemplos de film (5mm-1mm) de microplásticos recolectados en muestras de sedimento de playas.

En las figura 14, 15, 16 y 17 se muestran algunos ejemplos de los tipos de micro plásticos encontrados en las muestras analizadas. En Análisis de Varianza de una vía para determinar diferencias significativas en la composición de micro plásticos por zona determinó que hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) en la composición de micro plásticos en esa región sólo para microfibras (Tabla 6). Se realizó una Prueba de Duncan *post hoc* para determinar cuál zona tenía una composición significativamente diferente (Tabla 6). La zona de LMA, fue la que mostro una mayor presencia de microfibras.

Tabla 6. ANOVA de una vía, observándose la media y desviación estándar de cada categoría de clasificación. Diferentes letras denotan diferencias significativas ($p < 0.05$) para las categorías en las diferentes zonas

	Pellet	Micro partícula	Fragmento	Micro fragmento	Fibra	Micro fibra	Film o Película
LIC	0.0±0.0	0.0±0.0	2.4±3.8	1.8±3.5	6.4±6.3	1.6±1.5a	1.5±0.2
LMA	0.2±0.4	0.4±0.9	3.2±2.8	0.2±0.4	13.4±14.3	12.8±7.6A	5.6±12.0
LV	0.2±0.4	0.2±0.4	6.0±5.7	5.0±10.6	13.8±17.3	0.0±0.0	5.2±11.6
Total	0.1±0.4	0.2±0.6	3.9±4.2	2.3±6.3	11.2±13.0	4.8±7.2a	3.7±9.3

En México, el estudio de la abundancia y composición de microplásticos es escaso, principalmente debido a la falta de capacidades analíticas para su determinación, lo que dificulta el diagnóstico de los daños. Las cantidades de microplásticos reportadas para el golfo de México en 7 playas arenosas del Norte del Golfo de México en Mobile Bay (Alabama, Estados Unidos) son de 614 partículas de micro plástico en total, y 117 partículas m²-1 como valor máximo por playa (Wessel et al., 2016). Sin embargo otro estudio realizado en el Golfo de México, en 10 sitios de anidación de tortuga boba (*Caretta caretta*), muestran cantidades de 32 partículas de microplásticos en total, menores a las reportadas en el estudio descrito anteriormente, y 16 partículas m²-1 como valor máximo por playa (Valencia y Fuentes, 2018).

A diferencia de este estudio donde se obtuvo un total de 393 partículas de microplásticos en total y como máximo 78 partículas por m²-1, es decir 15 partículas por litro. Esto implica que existe una mayor cantidad de microplásticos por litro de sedimento en la región estudiada.

Si comparamos estas concentraciones, con las descritas en un estudio de microplásticos recolectados en la plataforma continental del noreste del golfo de México, que corresponde a 6.0 partículas m³ (Di Mauro, et al., 2017), los valores registrados en las playas de las costas del Golfo son mucho mayores y sobrepasan por mucho a los que se registran en aguas superficiales del Golfo. .

CONCLUSIONES

En este estudio se determinó una media total para la categoría de fibras de 11.2+-13.0, debido a que fue la que mostro diferencia significativa, y un total de 393 partículas de micro plásticos en 5 playas de la sub-cuenca Tecolapilla, la mayor parte de los micro plásticos correspondió a fibras (43%), Microfibras (18%) y fragmentos (15%). Las playas que presentaron mayor cantidad de microplásticos fueron las denominadas Panteón de Mangle y Perla del Golfo, que se caracterizan por presentar un mayor número de descargas exorreicas (4 descargas fluviales). El origen más factible de los micros plásticos encontrados son las zonas pobladas, cercanas y lejanas que generan microfibras que pueden ser transportadas por las corrientes litorales y las descargas exorréicas y las artes de pesca de la región. Se encontraron diferencias significativas en cuanto a la composición de micro plásticos sólo para la categoría microfibras, donde la línea de marea alta fue la única zona donde se encontró un número significativamente mayor que en las otras zonas.

Los resultados obtenidos son menores a los obtenidos en las 7 playas del Norte del Golfo de México en Mobile Bay (Alabama, Estados Unidos), pero mucho mayores a los registrados en los 10 sitios de anidación de tortuga boba (*Caretta caretta*), en Golfo de México. Esto puede explicarse por la diferencia de muestreos realizados (84 muestreos), la naturaleza de las actividades humanas

en Mobile Bay, que es un área turística influenciada por ríos y desagües de la ciudad de Alabama en Estados Unidos. Y por los métodos empleados para separar partículas de microplásticos de las muestras de sedimento obtenidos en las 10 playas de anidación de la tortuga boba, que solo considero a los microplásticos de baja densidad, por lo que aquellos de mayor densidad fueron descartados. El problema de los microplásticos es particularmente pronunciado en las zonas costeras debido a su proximidad a las entradas terrestres, procesos de marea que proporcionan condiciones favorables para la acumulación de escombros, acción de las olas y exposición a la luz ultravioleta que colectivamente promueven la fragmentación de los plásticos.

RECOMENDACIONES

Este es el primer estudio realizado en la zona y es de suma relevancia, pues representa la primera aproximación al problema a nivel local en la sub-cuenca Tecolapilla, donde la calidad de los recursos y ecosistemas costeros es buena, pero que se encuentra sujeta a toda clase de presiones. Se requiere extender este tipo de estudios a toda la cuenca del Papaloapan para identificar las zonas críticas para así poder recopilar información más detallada e identificar soluciones adecuadas.

La abundancia de microplásticos en la playa puede alterar las propiedades físicas del sedimento al reducir la conductividad del calor y aumentar el tamaño

del grano y la permeabilidad al agua, esto puede traer consigo implicaciones en el proceso de anidación de las tortugas marinas. La adición de microplásticos puede aumentar la temperatura del nido y, en consecuencia, influyen en la relación sexual y el éxito de la cría. Además de que las partículas pueden ser confundidas con alimento y ser ingeridos por otros organismos marinos, como aves, mamíferos, crustáceos, peces y alimentadores de filtro, lo que involucra un amplio espectro de especies marinas que van desde niveles tróficos más bajos hasta niveles tróficos más altos e inclusive hasta el ser humano.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

El haber participado como residente en la empresa gente sustentable A.C me permitió reforzar conocimientos y habilidades adquiridas durante los 4 años de carrera de la Lic. en biología con opción marina como la gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas), y sintetizar información obtenida, para la resolución de problemas. Así mismo a planificar y organizar cada una de las actividades que se llevaron a cabo durante la realización de este proyecto, como las salidas de campo, recolecta de muestras en sedimento, procesar muestras obtenidas y el análisis de los datos e información obtenida.

Además desarrolle habilidades de autoaprendizaje, como el uso de datos geoespaciales para la elaboración de mapas a partir del software ArcGis versión 9.3.

También cabe destacar, que este proyecto me dio la oportunidad de asistir y presentarme como ponente durante el I congreso latinoamericano y II nacional de manejo de cuencas hidrográficas, que será publicado en un libro de memorias.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Barraza, E. 2017. Medición de la cantidad de residuos plásticos pequeños en algunas playas de El Salvador. *Realidad y Reflexión*, **1**(45) 45-54.

Boak EH. y Turner I.L. 2005. Shoreline definition and detection: a review. *Journal of Coastal Research*, **21**(4) 688 – 703.

Browne, M.A., Galloway, T.S. y Thompson, R.C. 2010. Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. *Environmental Science & Technology*, **44**(9), 3404–3409.

Dueñas, R. y Grobois F.A. 1998. Las tortugas y sus playas de anidación en México. Universidad Nacional Autónoma de México. *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. Informe final SNIBCONABIO proyecto No. P066. México D. F.

Carpenter, E.J. y Smith, K.L., 1972. Plastics on the Sargasso sea surface. *Science*, **175**(4027), 1240–1241.

Cole, M., Lindeque, P., Halsband C. y Galloway, T.S. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, **62**(12), 2588–2597.

Cole, M., Webb, H., Lindeque, P.K., Fileman, E.S., Halsband, C. y Galloway, T.S. 2014. Isolation of Microplastics in Biota-rich Seawater Samples and Marine Organisms. *Scientific Reports*, **4**(1). 1-7.

Corcoran, L.P., Biesinger, C.M. y Grifi, M. 2009. Plastics and beaches: A degrading relationship. *Marine Pollution Bulletin*, **58** (2009) 80–84.

Crawford, B.C. y Quinn, B. 2017. Microplastic identification techniques. *Microplastic pollutants*. (1), 219-267

De Witte, B., Devriese, L., Bekaert, K., Hoffman, S., Vandermeersch, G., Cooreman, K. y Robbens, K. 2014. Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): Comparison between commercial and wild types. *Marine Pollution Bulletin*, **85**(1), 146–155.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2019. SIATL- Simulador de Flujos de Agua de cuencas Hidrográficas. Recuperado el 8 de octubre de 2019, de http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/

Di Mauro, R., Kupchik, M.J., y Benfield, M.C., 2017. Abundant plankton-sized microplastic particles in shelf waters of the northern Gulf of Mexico. *Environmental Pollution*, 230, 798-809.

Dueñas, R. y Grobois F.A. 1998. Las tortugas y sus playas de anidación en México. Universidad Nacional Autónoma de México. *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. Informe final SNIBCONABIO proyecto No. P066. México D. F.

FAO. 2017. Microplastics in fisheries and aquaculture. *Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 615. 147p. Recuperado el 8 de octubre de 2019, de <http://www.fao.org/3/ca3540es/ca3540es.pdf>

GESAMP.2015. “Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment” (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 p

GESAMP. 2016. “Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment” (Kershaw, P.J., and Rochman, C.M., eds). (IMO/FAO/UNESCOIOC/ UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). *Reports and Studies*. GESAMP No. 93, 220 p.

Hidalgo R. V, Macayaa V., Eastmana L. y Thiela M. 2012. Muestreo Nacional de micro plásticos en las playas de Chile. Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, Coquimbo, Chile.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2019. SIATL- Simulador de Flujos de Agua de cuencas Hidrográficas. Recuperado el 8 de octubre de 2019, de http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/

Micallef A., y Williams AT. 2009. Beach Management: Principles and Practice. Earthscan Publishers, London, UK. 240 p. Ed. 1.

PlasticsEurope. 2019. An analysis of European plastics production, demand and waste data.

Purca S. y Henostroza A. 2017. Presencia de micro plásticos en cuatro playas arenosas de Perú. *Revista Peruana de Biología*, **24**(1)101-106. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú.

Rojo-Nieto E. y Montoto T. 2017. Basuras marinas, plásticos y microplasticos. Orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. Área de Medio Marino de Ecologistas en Acción. Recuperado el 8 de octubre de 2019, de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Basuras-marinas-pl%C3%A1sticos-y-micropl%C3%A1sticos-or%C3%ADgenes-impactos-y-consecuencias-de-una-amenaza-global.pdf>

Sarria-Villa R.A. y Gallo-corredor J.A. 2016. La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Micro plásticos. *Journal .science.Ing.* **8** (1): 21-27, ISSN 2145-2628.

Thompson, R.C., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., Jonh, C., McGonigle, D. y Russell, A.E. 2004. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, **304**(5672), 838–838.

Valencia K. B. y , Fuentes M.P.B.. 2018. microplastic at nesting grounds used by the northern gulf of mexico loggerhead recovery unit. *Marine PollutionBolletin*. 131, 32-37.

Waller, C.L., Griffiths, H.J., Waluda, C. M., Thorpe, S. E., Loaiza, I., Moreno, B., Pacherrres, O. C. y Hughes, A. K. 2017. Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research. *Science of The Total Environment*, 598, 220–227.

Wessel, C.C., Lockridge, G.R., Battiste, D. y Cebrian, J. 2016. Abundance and characteristics of microplastics in beach sediments: Insights into microplastic accumulation in northern Gulf of Mexico estuaries. *Marine Pollution Bulletin*. 109, 178-183.

Yu, X., Ladewig, S., Bao, S., Toline C. A., Whitmire S. y Chow T.A. 2018. Occurrence and distribution of microplastics at selected coastal sites along the

southeastern United States. *Science of the Total Environment* **613**(614), 298–305.

Yu, X., Peng, J., Wang, J., Wang, K., Bao, S., Whitmire, S. y Chowb, T. A. 2016. Occurrence of microplastics in the beach sand of the Chinese inner sea: the Bohai Sea. *Environmental Pollution*. 214, 722-730.