

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

TITULACIÓN

TESIS PROFESIONAL

“Tipos de microplásticos presentes en tres playas del
municipio de Tuxpan, Veracruz”

PRESENTA

Franco García Flor Yerania

Macías Hernández Martha Karen

***PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL***

ASESOR

M.C. Rosa María Monroy López

XOYOTITLA, ÁLAMO TEMAPACHE, VER. JUNIO DE 2022

DEDICATORIA

1. A mi abuelita Toribia González que con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona. A mis padres que me brindaron lo que siempre estuvo a su alcance, a mi hermano, a mi tía Verónica y a Dios que ha sido mi guía. A todos aquellos que nunca dudaron de mí, que me acompañaron y apoyaron durante este camino, que gracias a ello, me ayudo a ser mejor persona y sobre todo a seguir mis sueños y metas.
2. A mi madre Eduarda por ser mi motivación y guiarme en el camino, que aún en su ausencia me ayudo a seguir adelante a pesar de los momentos más difíciles. A mi pequeño Noah, que me acompañó a lo largo de este proceso, desde el momento de su concepción. A mi pareja, quien ha estado a mi lado todo este tiempo a lo largo de mi carrera y proyecto. Y a mis seres queridos que me han apoyado en los mejores y peores días de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme en el camino correcto, por iluminar mi mente y ponerme en el camino a personas tan maravillosas que creyeron en mí. Le doy las gracias a mi asesora de tesis Rosa María Monroy, por sus acertados comentarios, facilidades y observaciones en esta etapa académica, por su paciencia y confianza en mi persona, por cumplir con dedicación su labor docente y brindarme la oportunidad de ser alumna para hacer la tesis, así como el tiempo que le dedicó a la revisión de dicho trabajo.

Al Instituto Tecnológico Superior De Álamo Temapache y sus docentes que me permitieron cursar mis estudios con invaluable lecciones, al igual que la realización personal y profesional que obtuve gracias a los conocimientos brindados en esta universidad.

Y a todas las personas que estuvieron conmigo durante este proceso, depositando toda su confianza en mí, sin poner en duda mi inteligencia y capacidad.

RESUMEN

La presencia de plásticos en zonas de playa es un problema que preocupa a la población, debido al mal manejo de producción de plástico a nivel mundial, lo que hace que toneladas de plástico terminen anualmente en el mar. El principal componente contaminante en las playas es el plástico, del cual, se derivan los microplásticos (MP), que son partículas de tamaños menores a 5 mm, una vez en el mar se incorporan en la cadena alimenticia, pudiendo pasar de un nivel trófico a otro superior.

En el presente trabajo se reportó la metodología y los resultados obtenidos a partir de 3 muestreos en tres playas con afluencia baja, media y alta de turismo en el municipio de Tuxpan, Veracruz, con la finalidad de recolectar, identificar y clasificar los tipos de microplásticos presentes en las playas.

Se calcularon las concentraciones de microplásticos tomando en cuenta la masa de arena seca (0.79 pzs/Kg_{ss}), el área de arena colectada (68.19 pzs/m^2) y la longitud del punto muestreado (10.18 pzs/m). Se encontró que el microplástico más abundante fue de color verde y tipo fibra, seguido de color azul de tipo flexible. Se analizaron los impactos y repercusiones que los microplásticos tienen en la biota marina, siendo necesarias las propuestas de alternativas de manejo sustentable de plástico para la extracción y análisis de MP en las zonas de playa.

ABSTRACT

The presence of plastics in beach areas is a problem that worries the population, due to the poor management of plastic production worldwide, which means that tons of plastic end up in the sea every year. The main polluting component on beaches is plastic, from which microplastics (MP) are derived, which are particles of sizes less than 5 mm, once in the sea they are incorporated into the food chain, being able to pass from a trophic level to another superior.

In the present work, the methodology and the results obtained from 3 samplings in three beaches with low, medium and high influx of tourism in the municipality of Tuxpan, Veracruz, were reported, with the purpose of collecting, identifying and classifying the types of microplastics, present on the beaches.

Microplastic concentrations were calculated taking into account the mass of dry sand (0.79 pzs/Kgss), the area of collected sand (68.19 pzs/m²) and the length of the sampled point (10.18 pzs/m). It was found that the most abundant microplastic was green and fiber type, followed by blue flexible type. The impacts and repercussions that microplastics have on the marine biota were analyzed, being necessary the proposals of alternatives for sustainable management of plastic for the extraction and analysis of MP in beach areas.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes de los microplásticos	2
1.2 Planteamiento del problema.....	5
1.3 Justificación.....	6
1.4 Hipótesis.....	7
1.5 Objetivos	7
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 Plásticos.....	7
2.2 Clasificación de los plásticos de acuerdo a su estructura interna.....	8
2.3 Clasificación de los plásticos por su aptitud de reciclaje	9
2.4 Clasificación de los plásticos según su tamaño.....	10
2.4.1 Macroplásticos.....	11
2.4.2 Microplásticos	11
2.4.2.1 Microplásticos primarios	12
2.4.2.2 Microplásticos secundarios.....	13
2.4.2.3 Clasificación de microplásticos	13
2.4.2.4 Clasificación por tamaño	13
2.4.2.5 Clasificación por tipo.....	13
2.4.2.6 Clasificación por color.....	14

2.4.2.7 Clasificación por polímero.....	14
2.5 Clasificación de los plásticos en función de la degradación que experimentan	14
2.5.1 Plásticos convencionales	15
2.5.2 Plásticos degradables.....	15
2.5.3 Bioplásticos	16
2.6 Efecto de los microplásticos en los ecosistemas marinos	16
2.6.1 Ingesta por la biota marina	16
2.7 Distribución de los microplásticos en los ambientes marinos	18
2.8 Microplásticos en playas de México	19
2.9 Alternativas sustentables en el manejo de plásticos.....	19
3. ESTADO DEL ARTE	25
4. METODOLOGÍA.....	31
4.1 Área de estudio.....	31
4.2 Selección de las áreas de estudio	31
4.3 Sitios de muestreo	33
4.4 Recolección de la muestra.....	34
4.5 Determinación de microplásticos.....	34
4.6 Cuantificación de microplásticos	35
4.7 Caracterización de microplásticos.....	35
4.8 Análisis estadístico.....	36
4.9 Propuesta de alternativas de manejo sustentable de plástico	36
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	36
5.1 Muestreo de microplásticos.....	36
5.2 Caracterización de microplásticos.....	37
5.2.1 Color	37
5.2.2 Morfología.....	40

5.3 Análisis estadístico.....	42
5.4 Propuestas de alternativas de manejo sustentable de plástico.....	42
6. CONCLUSIONES.....	45
7. REFERENCIAS	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema para discernir en cinco pasos si una micropartícula es o no un microplástico.....	3
Figura 2. Paleta de 120 códigos de color utilizada como sistema para identificar los colores de los plásticos en el océano	4
Figura 3. Clasificación de los diferentes tamaños de plásticos.....	11
Figura 4. Los tipos de microplásticos. a) Pequeñas esferas empleadas para la fabricación de juguetes. b) Microplásticos secundarios producidos por rompimiento de piezas plásticas más grandes. c) Residuos de polietileno plástico usado en crema de dientes. d) Microesferas plásticas empleadas para darle brillo, color y relleno a productos de cuidado personal.	12
Figura 5. Tipos de microplásticos: a) fibras, b) pellets, c) fragmentos rígidos, d) espumas, e) películas y f) balines	14
Figura 6. Ubicación del estado de Veracruz y zona de playa del municipio de Tuxpan.....	31
Figura 7. Mapa de la ubicación de las zonas de estudio	32
Figura 8. Playa “Aventura” de afluencia alta	33
Figura 9. Playa “El Arca” de afluencia media	33
Figura 10. Playa “Azul” de afluencia baja.....	33
Figura 11. Clasificación de los microplásticos por color de la zona de playa “Aventura” ..	38
Figura 12. Clasificación de los microplásticos por color de la zona de playa “El Arca”.	39
Figura 13. Clasificación de los microplásticos por color de la zona de playa “Azul”	39
Figura 14. Clasificación de los microplásticos por forma de la zona de playa “Aventura”.	41
Figura 15. Clasificación de los microplásticos por forma de la zona de playa “El Arca”....	41
Figura 16. Clasificación de los microplásticos por forma de la zona de playa “Azul”	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Categorías utilizadas para clasificar los microplásticos según su forma.	3
Cuadro 2. Clasificación de plásticos de acuerdo a su estructura interna	8
Cuadro 3. Codificación de los plásticos por tipo de resina y aptitud de reciclaje.	9
Cuadro 4. Regulación de productos plásticos en México	20
Cuadro 5. Alternativas para el manejo de plásticos	23
Cuadro 6. Descripción del estado del arte.	25
Cuadro 7. Coordenadas de la ubicación geográfica de las áreas de estudio	32
Cuadro 8. Concentración de microplásticos	36
Cuadro 9. Intervalo de Sitios vs. Playas	42

1. INTRODUCCIÓN

Se estima que el océano contiene cerca de 80 millones de toneladas de basura plástica, a las que se le agregan 10 millones de toneladas cada año, la cantidad de plástico en los océanos podría igualarse a la de los peces para el año 2050 (Vázquez, 2019). Dicha proliferación se debe a la cantidad de plástico que se produce en el mundo, en el año 2019 se produjeron 370 millones de toneladas (PlasticsEurope, 2021). En julio del año 2017, se encontró una mancha de basura flotando igual a la superficie de la ciudad de México en el Pacífico Sur, esta mancha de basura se debe a que los sistemas de recolección y confinamiento de residuos no son adecuados, a lo que se le suman las operaciones de pesca, vertidos ilegales y escurrimientos de agua procedentes de ciudades; estos basureros flotantes seguirán creciendo y se multiplicarán en el futuro (Vázquez, 2019).

Existen diferentes tipos de plásticos de consumo, entre los más utilizados está el polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), policloruro de vinilo (PVC) y polietilentereftalato (PET). Dentro de los plásticos se incluyen las fibras, los recubrimientos y las gomas. Los plásticos contienen una serie de aditivos químicos (agentes antibloqueo, aditivos antibruma, agentes antiestáticos, aditivos antioxidantes, biosidas) que modifican sus propiedades que pueden terminar afectando al medioambiente (Toledo, 2019 y Gutiérrez, 2002). Los plásticos al entrar en contacto en los ecosistemas marinos, tienden a degradarse por causa de la radiación solar el movimiento de la marea, salinidad, arena y temperatura, convirtiéndolos en microplásticos (MP) (Álvarez *et al.*, 2017).

Los microplásticos tienen un tamaño de 1mm-5mm aproximadamente, al introducirse a los ecosistemas marinos entran a la cadena trófica como un contaminante al ser confundido como alimento (Rosado *et al.*, 2018). Los microplásticos tienen la capacidad de adsorber contaminantes orgánicos tóxicos, metales pesados, y aditivos que se agregan a los plásticos en su producción, estos pueden ocasionar efectos químicos los cuales son altamente tóxicos y no se degradan fácilmente en condiciones naturales (Li *et al.*, 2016 y Cruz *et al.*, 2020).

El estudio de los microplásticos tiene importancia sobre el manejo de los residuos en actividades turísticas recreativas de las playas. El manejo adecuado de residuos en playas evita que, por la acción del viento, las olas o la lluvia entren los residuos al mar y se fragmenten formando microplásticos; de igual forma el manejo de residuos en las actividades

terrestres evita que, ante la presencia de algún evento climático se transporten los plásticos de las superficies urbanas a las vías fluviales y estos lleguen a los océanos y costas (Cruz *et al.*, 2020).

Por lo expuesto anteriormente la presente investigación consistió en un muestreo de microplásticos en arena en tres zonas de playa de afluencia baja, media y alta de turismo en el municipio de Tuxpan, Veracruz, con la finalidad de cuantificar y clasificar los microplásticos derivados de los residuos sólidos urbanos que han sido depositados inadecuadamente.

1.1 Antecedentes de los microplásticos

La presencia de microplásticos flotantes en la superficie de los océanos fue reportada por primera vez en el año de 1972, cuando fueron observados en la superficie del mar de Sargazos localizado en el Atlántico Norte (Carpenter y Smith, 1972). El término “microplástico” se utilizó por primera vez en el año 2004 para referirse a partículas dispersas en el ambiente de acuerdo a un estudio realizado por Thompson *et al.*, (2004).

De acuerdo con Leslie (2014), un microplástico, es un material sintético con un alto contenido en polímeros, son partículas sólidas, de tamaño inferior a 5 mm, insolubles en agua y no degradables. Godoy (2021) propone un esquema de cinco cuestiones para confirmar si una partícula es o no un microplásticos (Figura 1).

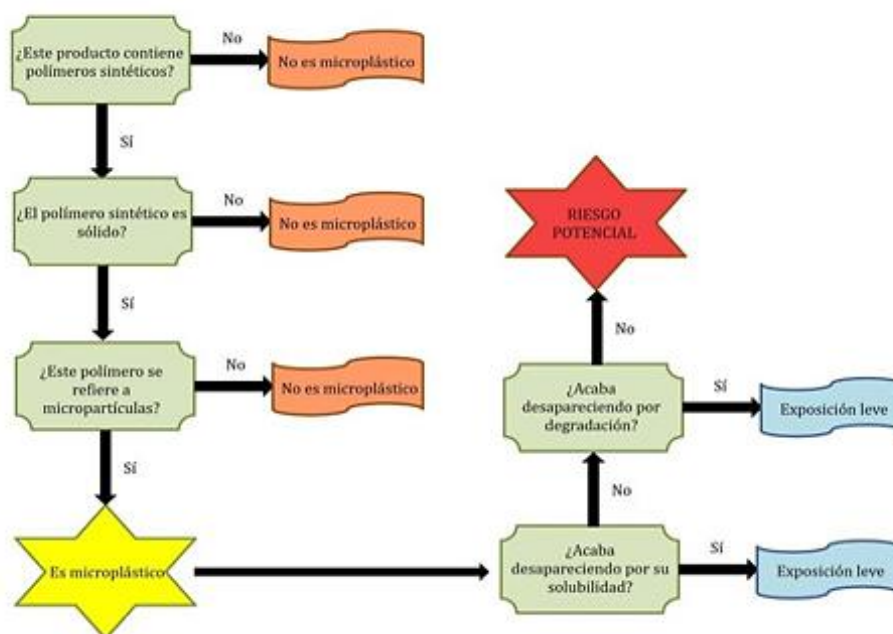


Figura 1. Esquema para discernir en cinco pasos si una micropartícula es o no un microplástico.

Fuente: Godoy, 2021.

Por otro lado, los microplásticos pueden clasificarse atendiendo a características cualitativas cómo la forma o color (Godoy, 2021). Con respecto a la forma, los investigadores suelen basarse en cinco categorías para clasificarlo (Cuadro 1) aunque los pellets, fragmentos y fibras se consideran predominantes (Godoy, 2021).

Cuadro 1. Categorías utilizadas para clasificar los microplásticos según su forma.

Clasificación por morfología	Términos englobados
Fragmentos	polvo, gránulos, escamas, films, virutas
Fibras	filamentos, microfibras, hebras
Pellets	granza, “nurdles”, “nibs”
Esferas	granos, microesferas
Espumas	poliestireno, poliestireno expandido

Fuente: Godoy, 2021.

Con respecto al color, Martí *et al.*, (2020), desarrollo un sistema (Figura 2) que permitió identificar los colores de los plásticos en el océano, mediante dos técnicas de clasificación,

en el primero estableció la relación por semejanza visual entre el plástico y la gama cromática. Con la segunda técnica, introdujo una fotografía de alta resolución del residuo en un software que analiza la imagen y le asigna un color de manera semiautomática. De este modo, pudo categorizar el color del plástico tanto de forma visual como digital y se examina la evolución del polímero conforme envejece y se dispersa en el entorno marino.

		HUES										
Transparent		Black	Dark			Medium			Light			White
TR		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COLOURS	Grey		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	
	Green		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	
	Turquoise		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	
	Cyan		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
	Sky		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	
	Blue		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	
	Violet		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	
	Magenta		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
	Pink		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
	Red		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	
	Orange		O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	
	Brown		W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	
	Yellow		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	

Figura 2. Paleta de 120 códigos de color utilizada como sistema para identificar los colores de los plásticos en el océano

Fuente: Martí *et al.*, 2020.

Martí *et al.*, (2020) mencionó que los plásticos cambian de color y de tamaño a lo largo del tiempo y que algunos plásticos se decoloran hasta blanquearse y otros se amarillean a causa de la exposición solar, lo que hace que a medida que se fragmentan pierdan su color original,

encontrando en su estudio mayor abundancia de residuos de color blanco en zonas alejadas de la costa, a más de 2,000 kilómetros. De acuerdo a este dato concluyó que se trataba de polímero envejecido que perdió su color original a medida que se fragmentaba.

Actualmente, la problemática asociada a los microplásticos ha incrementado, debido a su presencia en diversos ambientes, sobre todo en ecosistemas marinos (Álvarez, 2020). La presencia y acumulación de microplásticos en la superficie de las playas se ha reportado a nivel mundial (Lots *et al.*, 2017 y Álvarez, 2020), sin embargo, los mecanismos y los factores dinámicos que controlan el transporte de microplásticos de tierra a mar y viceversa siguen siendo difusos (Moreira *et al.*, 2016 y Álvarez, 2020).

La zona costera es considerada como el principal sumidero de microplásticos en los ambientes marinos (Thiel *et al.*, 2013 y Álvarez, 2020). Los microplásticos pueden llegar a las playas de arena o de cantos rodados debido a corrientes superficiales, olas, mareas o bien por vientos que los arrastran desde la plataforma continental (Zhang, 2017 y Álvarez, 2020). La interacción de los microplásticos con la zona costera depende de las características que está tenga, cómo la composición del sustrato (lecho de roca, grava, arena, arcilla), vegetación y bioturbación (alteración de los sustratos por la actividad de los seres vivos) (Zhang, 2017 y Álvarez, 2020).

1.2 Planteamiento del problema

El tiempo de degradación del plástico es de 150 años (Caballero *et al.*, 2019). Las bolsas de plástico, fabricadas con polietileno de baja densidad, tardan un siglo en descomponerse. Sin embargo, las botellas de plástico pueden tardar en degradarse hasta 1,000 años si permanecen enterradas (Caballero *et al.*, 2019). La basura plástica que se desecha en las playas tiene un efecto perjudicial desencadenando la generación de microplásticos que no se degradan fácilmente en las zonas costeras (Díaz y Sarria, 2019).

Jambeck *et al.*, (2015) e Iñiguez, (2019) hicieron estudios que estiman que entre 4.8 y 12.7 millones de toneladas de polímeros acaban cada año en los mares y océanos de todo el mundo. El 70% queda en el fondo marino, 15% en la columna de agua (volumen de agua comprendido entre el fondo y la superficie de los mares u océanos) y 15% en la superficie de los mares y océanos (Caballero, *et al.*, 2019).

La afectación de los microplásticos, a los organismos y ecosistemas marinos se asocian generalmente a animales muertos, debilitados o varados por consecuencias relacionadas con sofocación o ingestión de estos materiales no biodegradables (Rojo y Montoto, 2017; Criollo, 2019, Díaz y Sarria, 2019).

De acuerdo con el estudio realizado por Kühn y Franeker (2020), 30% de individuos de aves marinas, 4.4% de mamíferos marinos y 32% de las tortugas marinas tienen plástico en sus estómagos; estos llegan a confundir las piezas plásticas con alimento, produciendo el bloqueo del tracto digestivo y falsa saciedad (Caballero *et al.*, 2019).

Rosado *et al.*, (2018) en el 2017 realizó un muestreo de dos días de residuos sólidos urbanos y caracterización de microplásticos en las playas de Tuxpan, Veracruz, sin embargo, no se tienen muestreos en donde se tomarán en cuenta los parámetros de diferentes horarios, temporadas y zonas.

Por ello este estudio da a conocer la existencia de partículas plásticas en las playas de Tuxpan, Veracruz, con el fin de determinar una cantidad aproximada de microplástico, por color y forma, y conocer las zonas con alta distribución de residuos microplásticos por afluencia de turismo, la recopilación de esta información proporcionará propuestas y alternativas de manejo sustentable del plástico, con el fin de mantener un ambiente limpio y conservación de la fauna como es el caso de los sitios de anidación de las tortugas marinas, que se encuentran en las playas del municipio de Tuxpan, Veracruz.

1.3 Justificación

Las playas son ambientes que proveen diversos servicios ecosistémicos al ser humano, como provisión de alimentos, desarrollo de la economía local, realización de actividades recreativas y mitigación del impacto ante eventos climatológicos (Suciu *et al.*, 2017; Domínguez *et al.*, 2018; Cruz, 2020), además, ofrecen un hábitat para diversas especies de flora y fauna (Cruz, 2020).

Actualmente las zonas de playa son afectadas por las prácticas humanas relacionadas con el desarrollo urbano y el uso intensivo para realizar diversas actividades recreativas que disminuyen la calidad ambiental y valor turístico; al ocurrir esto se afecta la economía de la zona que depende del turismo de la playa y causa daño y muertes a diversos organismos

debido a la acumulación de residuos sólidos, causando generación de microplásticos, aumentando la posibilidad de que sean transportados por las corrientes marinas hacia otros ambientes marinos y costeros, por ello es importante conservar en buen estado estos ambientes (Cruz, 2020).

Sin embargo, aunque se realice de manera cotidiana actividades de recolección de residuos, éstos no contemplan a los microplásticos (Kline y Swallow, 1998; Defeo *et al.*, 2009; Cruz, 2020; Vázquez *et al.*, 2020). En el presente estudio se realizó la identificación de microplásticos en tres zonas de playa de Tuxpan, Veracruz basándose en afluencia baja, media y alta de turismo.

1.4 Hipótesis

La acumulación y presencia de microplásticos está relacionada con la afluencia alta de turismo en las playas.

1.5 Objetivos

- **Objetivo General**

Identificar los tipos de microplásticos presentes en tres zonas de playa del municipio de Tuxpan, Veracruz.

- **Objetivos específicos**

- ✓ Comparar las concentraciones de microplásticos en tres zonas de playa del municipio de Tuxpan, Veracruz.
- ✓ Conocer la situación general de tres zonas de playas con relación a la presencia de microplásticos del municipio de Tuxpan, Veracruz.
- ✓ Proponer alternativas sustentables en el manejo de plástico para la zona costera.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Plásticos

Los plásticos son polímeros orgánicos sintéticos procedentes del petróleo combinados con otras sustancias, que le confieren las propiedades deseadas en cuanto a su textura, resistencia a la temperatura, maleabilidad, estabilidad y se pueden moldear en objetos sólidos de diversos tipos (Rojo y Montoto, 2017 e Iñiguez, 2019).

Su ciclo de vida inicia con la extracción de petróleo y continua con su transformación industrial, después, los objetos plásticos llegan para ser utilizados, desechados, recolectados y llevados a disposición final. Los plásticos pueden clasificarse ya sea por su estructura interna, origen, comportamiento térmico, tamaño, código de aptitud de reciclaje o en función de la degradación que experimentan, generalmente un mismo plástico puede encontrarse en diversos grupos (López, 2020).

Los plásticos son peligrosos para el medio ambiente marino por su resistencia a la degradación. La descomposición natural de los objetos de plástico en el mar ocurre en un período de tiempo, estimado entre cientos y miles de años (Barnes *et al.*, 2009 y Iñiguez, 2019), por lo que los plásticos se acumulan en el ambiente marino y persisten durante décadas (Katsanevakis, 2008 y Iñiguez, 2019). Además, estos plásticos se van fragmentado y convirtiéndolas en piezas cada vez más pequeñas, llegando incluso a ser micropartículas de plástico (Arthur *et al.*, 2009 y Iñiguez, 2019).

2.2 Clasificación de los plásticos de acuerdo a su estructura interna

Los plásticos están constituidos de largas cadenas de moléculas o polímeros, que se obtienen a partir de bloques de moléculas o monómeros; por medio de catalizadores, calor y presión. El cruce de eslabones de dos o más polímeros, es conocido como copolimerización. Los tres tipos básicos de plásticos son: termoplásticos, termoestables y elastómeros (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de plásticos de acuerdo a su estructura interna

Tipo	Concepto	Productos	Usos
Termoplásticos	Estructura interna de cadena lineal, se restablecen con el calor, adquieren forma reversible.	Polietileno de alta densidad (PEAD)	Bolsas plásticas, botellas, envolturas,
		Polietileno de baja densidad (PEBD)	tubería, sartenes, mobiliario, empaques
		Polietileno tereftelato (PET)	alimenticios pañales,
		Prolipropileno (PP)	juguetes, popotes,
		Poliestireno (PE)	platos, vasos y
		Cloruro de polivinilo (PVC)	cubiertos
		Teflón	desechables.


Nailon o poliamida (PA)			
Termoestables	Estructura interna de cadenas entrelazadas, se añaden reactivos químicos, adquiriendo forma irreversible.	Poliuretano Resinas fenólicas Melamina	Aislantes, espumas para muebles, esponjas, suelas de zapato, selladores, decoración de muebles.
Elastómeros	Alta elasticidad, las macromoléculas forman una red malla abierta.	Caucho Neopreno Gomas	Fundas para electrónicos, aparatos ortopédicos, aislante eléctrico, trajes acuáticos y guantes.

Fuente: López, 2020.

2.3 Clasificación de los plásticos por su aptitud de reciclaje

Por su aptitud de reciclaje, desarrollada por The Society of Plastic Industry (por sus siglas SPI, actualmente Plastics Industry Association), menciona la clasificación en los números del logotipo, que indican su factibilidad de reciclaje (Cuadro 3). Mientras más elevado es el número, menor es su aptitud de reciclaje, siendo el número uno el más fácilmente reciclable y el número siete el que no se recicla (López, 2020).

Cuadro 3. Codificación de los plásticos por tipo de resina y aptitud de reciclaje.

Código SPI	Tipo de plástico	Usos
	Polietileno tereftalato (PET)	Botellas de agua purificada, cosméticos, bebidas carbonatadas, películas transparentes, fibras para textiles.



Polietileno de alta densidad (PEAD)

Envases de detergentes, bolsas de supermercado, envases de productos lácteos, recipientes de pintura.



Cloruro de polivinilo (PVC)

Suelas para calzado, envases de limpiadores, recipientes de aceites, tuberías, balones.



Polietileno de baja densidad (PEBD)

Bolsas, juguetes, botellas retornables, recubrimiento de cables.



Polipropileno (PP)

Pañales desechables, popotes, cajas de baterías, película para alimentos, hilos, refractarios, piezas de automóvil.



Poliestireno (PE)

Platos, vasos, cubiertos, bandejas de supermercado, materiales de empaque, aislantes térmicos, estuches de CD/DVD, electrodomésticos.



Otros (Copolímero de estireno, acrilonitrilo, policarbonato, nailon, mezclas).

Teléfonos, computadoras, piezas para empaques, artículos médicos, resinas.

Fuente: López, 2020.

2.4 Clasificación de los plásticos según su tamaño

Para monitorear y cuantificar los posibles impactos en la biota, los residuos plásticos se clasifican en diferentes clases de acuerdo a su tamaño los cuales se pueden dividir en cuatro

clases (Figura 3), nanoplásticos (1 nm a 1 μm), microplásticos (1 μm a 5 mm), mesoplásticos (5 mm a 25 mm) o macroplásticos (> 25 mm) (Campoy y Beiras, 2019).

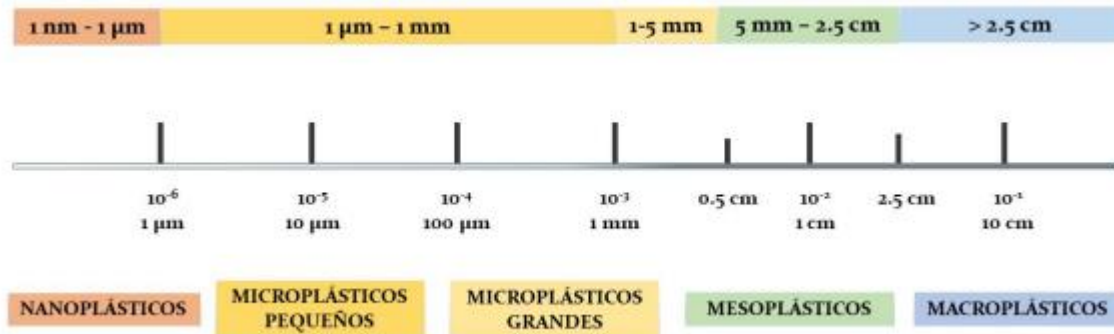


Figura 3. Clasificación de los diferentes tamaños de plásticos

Fuente: Campoy y Beiras, 2019.

2.4.1 Macroplásticos

Los macroplásticos se definen como fragmentos que tienen un tamaño > 25 mm (Romeo *et al*, 2015; Campoy y Beiras, 2019). La presencia de estos plásticos de gran tamaño significa una pérdida de valor estético en lugares donde están presentes, con implicancias negativas para la actividad del turismo (Elías, 2015 y Olaya, 2020).

2.4.2 Microplásticos

Los microplásticos incluyen partículas plásticas con un tamaño no superior a los 5 mm (Figura 3). Estos se encuentran en diversas formas en el medio ambiente (esferas, cuentas, pellets espuma, fibras, fragmentos, y escamas). Las fuentes de microplásticos en el medio ambiente incluyen productos plásticos primarios (originales) y/o productos secundarios (derivados de la degradación de las fuentes primarias) (Sarria y Gallo, 2016).

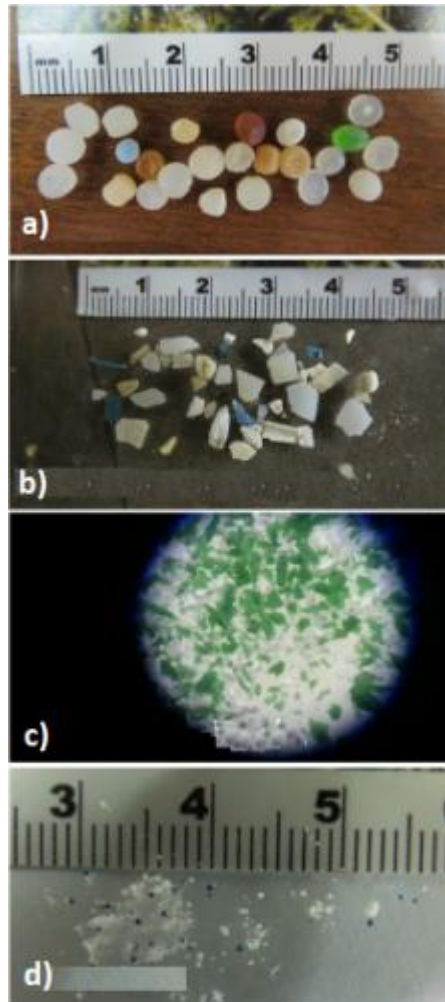


Figura 4. Los tipos de microplásticos. a) Pequeñas esferas empleadas para la fabricación de juguetes. b) Microplásticos secundarios producidos por rompimiento de piezas plásticas más grandes. c) Residuos de polietileno plástico usado en crema de dientes. d) Microesferas plásticas empleadas para darle brillo, color y relleno a productos de cuidado personal.

Fuente: Yang *et al.*, 2015.

2.4.2.1 Microplásticos primarios

Son fabricados intencionalmente para aplicaciones particulares en microperlas o pellets. La necesidad de crear microplásticos primarios es por su implementación en productos de limpieza, cosméticos, pinturas, exfoliantes y pasta de dientes (Castañeta *et al.*, 2020).

2.4.2.2 Microplásticos secundarios

Los microplásticos secundarios se generan a través de la fragmentación y/o degradación selectiva de macropásticos expuestos a factores externos que puede ocurrir durante su transporte a diferentes ecosistemas (Castañeta *et al.*, 2020).

2.4.2.3 Clasificación de microplásticos

Los microplásticos previamente extraídos se pueden clasificar por tamaño, tipo, color y polímero, en función de los objetivos del estudio.

2.4.2.4 Clasificación por tamaño

Si el número de microplásticos es menor a 30 piezas, se recomienda determinar el tamaño de cada una de éstas con una regla u hoja milimétrica, tomando como referencia los siguientes criterios:

- Para las formas esféricas o circulares el tamaño se determinará con base en el diámetro
- En las fibras el tamaño se definirá con base en el ancho de las mismas
- Para los fragmentos irregulares el tamaño se tomará como la medida de su lado menor

Por otro lado, si el número de microplásticos es elevado se pueden emplear tamices de malla 4, 5, 6, 7 y 16 (aberturas 4.75, 4.00, 3.35, 2.83 y 1.13 mm, respectivamente), o tamices con aberturas cercanas, los cuales permitirán la separación de microplásticos en intervalos de 5.00-4.75 (inspección visual), 4.75-4.01 mm, 4.00-3.01 mm, 3.00-2.01 mm y 2.00-1.00 mm (Vázquez *et al.*, 2020).

2.4.2.5 Clasificación por tipo

Los tipos de microplásticos se identifican de manera visual, en caso de ser necesario se emplea un microscopio o lente de aumento. Según Lagblbauer (2014) los microplásticos pueden clasificarse en fragmentos rígidos, fibras, pellets, espumas (se comprimen al presionarlos con los dedos), películas (son flexibles) y balines (Figura 4) (Vázquez *et al.*, 2020).



Figura 5. Tipos de microplásticos: a) fibras, b) pellets, c) fragmentos rígidos, d) espumas, e) películas y f) balines

Fuente: Vázquez, *et al.*, 2020.

2.4.2.6 Clasificación por color

La clasificación por color reportada por Boerger (2010), contempla categorías de colores gris, blanco, azul, amarillo, naranja, verde, rosa, rojo, morado, negro y transparente. Sin embargo, si en los estudios se presentan otros colores, el objetivo específico es estudiar la degradación de los microplásticos, para ampliar su clasificación (Vázquez *et al.*, 2020).

2.4.2.7 Clasificación por polímero

El tipo de plástico presente en cada microplásticos puede investigarse mediante diversas técnicas, sin embargo, la técnica de infrarrojo (FTIR) es una de las más empleadas debido a su sencillez y a que no es destructiva. La muestra requiere de una preparación mínima y el polímero puede determinarse de manera rápida, sin embargo, se requiere un equipo especializado para su realización (Vázquez *et al.*, 2020).

Para la técnica de FTIR se emplea un transmisor de reflexión total atenuada (ATR) el cuál se pone en contacto con la pieza de microplásticos a analizar. Sólo se pueden analizar los microplásticos mayores a 2 mm debido a que los de menor tamaño no producen una señal estable. Como resultado se genera un espectro, que puede compararse con una biblioteca de espectros característicos de cada plástico (Vázquez *et al.*, 2020).

2.5 Clasificación de los plásticos en función de la degradación que experimentan

Podemos encontrar plásticos clasificados como convencionales, oxodegradables y bioplásticos. A menudo, la composición básica de los tres tipos es la misma, si bien a los llamados oxodegradables o biodegradables se les añaden otros compuestos que aceleran la degradación o grasas vegetales que hacen que su tiempo de permanencia en el medio se reduzca. A menudo, la degradación de estos plásticos biodegradables está sujeta a una serie

de condiciones que no se dan en el medio marino. Por esta razón, tanto unos como los otros pueden ser una fuente de entrada de macro y microplásticos al medio ambiente, especialmente cuando no son desechados correctamente y son expuestos a las condiciones biológicas, químicas y físicas que los deterioran y fragmentan (Rojo y Montoto, 2017).

La velocidad de la degradación de los plásticos depende a su vez de los factores a los que se expongan, y por ende al compartimento ambiental en el que se encuentren. Las playas reúnen procesos de degradación física por la incidencia de rayos ultravioleta, temperatura y oxígeno, que favorecen la degradación de los plásticos en el mar (Barnes *et al.*, 2009). Por el contrario, los fondos oceánicos, donde los niveles de oxígeno y la temperatura son menores y ausencia de radiación solar, la degradación es lenta (Rojo y Montoto, 2017).

2.5.1 Plásticos convencionales

Los plásticos convencionales se producen a partir de reservas fósiles de energía como el petróleo. Estos polímeros perduran en la naturaleza por largos períodos de tiempo y por tanto se acumulan, generando grandes cantidades de residuos sólidos (Bello, 2009). Aunque no se degradan debido a que sus moléculas grandes e hidrofóbicas, sus productos de oxidación hidrofílicos son más pequeños debido a que se degradan lentamente por un proceso llamado degradación oxidativa que es una reacción de los radicales libres, mediante la cual el oxígeno atmosférico se combina con el carbono y el hidrógeno en moléculas de plástico (López, 2012).

2.5.2 Plásticos degradables

Los plásticos degradables son diseñados con aditivos basados en catalizadores químicos que contienen metales de transición, como cobalto, manganeso, hierro, entre otros, que se agregan a su formulación, los cuales reducen significativamente su tiempo de degradación en condiciones ambientales específicas. La degradación de estos, se manifiesta inicialmente por la pérdida de resistencia, el cambio en la coloración, fragmentación y otros cambios, que pueden o no ser perceptibles a simple vista (Vázquez *et al.*, 2019).

Los plásticos degradables se han clasificado en categorías, en función del mecanismo que provoca su degradación. Se tienen, por ejemplo, los fotodegradables, que se degradan por acción de la luz solar, y biodegradables, que se degradan por acción de microorganismos naturales, como bacterias, hongos y algas. Además, existen plásticos que combinan más de

un mecanismo. Tal es el caso de los oxodegradables, que se degradan en dos etapas. En la primera ocurre un proceso de degradación por acción de la temperatura y radiación UV, que lleva a la disminución del peso molecular de los plásticos. En la segunda los productos de la primera etapa pueden ser biodegradados por microorganismos si se encuentran en un entorno apropiado (Vázquez *et al.*, 2019).

2.5.3 Bioplásticos

Un plástico es de origen biológico si está elaborado con materia prima sostenible (vegetal), estos pueden ser fabricados a partir de almidón, celulosa, azúcar, aceites vegetales, lignina y proteínas. Estas sustancias básicas pueden obtenerse de maíz, madera, caña de azúcar o patatas (Olaya, 2020).

2.6 Efecto de los microplásticos en los ecosistemas marinos

En el mar flotan diferentes tipos, tamaños y formas de plásticos, pero con el tiempo, y por el efecto de las olas, los rayos UV los trozos de plástico flotante comienzan a degradarse en fracciones de menor tamaño, llegando a escalas micro y nano (Moos *et al.*, 2012 y Arriaza, 2019).

En los últimos años se ha hablado del efecto de los microplásticos sobre los ecosistemas marinos y su impacto negativo. Las aguas residuales, son un factor en la distribución de microplásticos. Entre el 80 % y 90% de las partículas contenidas en lodos de aguas residuales son fibras textiles (Arriaza, 2019).

Los microplásticos, son ingeridos por la fauna marina con mayor frecuencia que los macroplásticos. La ingesta de éstos puede causar la acumulación de toxinas y plásticos en los organismos (bioacumulación) y posteriormente, los contaminantes pueden transferirse a otras especies consumidoras (García, 2019).

2.6.1 Ingesta por la biota marina

La ingestión directa de microplásticos por parte de los organismos marinos ha sido ampliamente documentada (Neves *et al.*, 2015, Bellas *et al.*, 2016, Nadal *et al.*, 2016, Bessa *et al.*, 2018; López y Fermín 2019). Un reporte de United Nations Environment Programme (UNEP) señala 46 especies de mamíferos marinos, 62 peces, 131 aves y 6 reptiles afectados por el consumo de microplásticos. Esto sucede debido al tamaño de las partículas que son confundidas con alimentos (Song *et al.*, 2015, López y Fermín 2019).

De acuerdo con un estudio de Setälä *et al.*, (2016) llevado a cabo en el mar Báltico, indicó que la ingestión de microplásticos fue regulada por la tasa de encuentro con las partículas y los hábitos de alimentación de los organismos (López y Fermín 2019). Con base en la densidad específica del material, parece más probable que en organismos pelágicos (especies cercanas a la superficie) se encuentren PS, PP y PE, mientras que en los bentónicos (especies que habitan en el fondo acuático) sean PET y PVC (Carbery *et al.*, 2018, López y Fermín 2019). En el estudio de Setälä *et al.*, (2016), reportó que los bivalvos (moluscos acuáticos) fueron más eficientes incorporando microplásticos respecto a crustáceos que nadan libremente y animales bentónicos sedimentívoros (López y Fermín 2019).

De todos los tipos de microplásticos, las fibras tienen mayor incidencia en el tracto digestivo de las especies marinas que otras partículas. En un estudio realizado por Bellas *et al.*, (2016) de las costas españolas detectó que el 71% del plástico en el estómago de los peces eran fibras (López y Fermín 2019), de modo similar en el estuario de Mondego, Portugal durante una evaluación de tres especies de peces, se observó que el 96% correspondía a esta forma (Bessa *et al.* 2018 y López y Fermín 2019). Mizraji *et al.*, (2017) en su estudio sugiere que los hábitos alimentarios de los organismos influyen en la ingesta de microplásticos, observándose mayor incorporación en especies omnívoras respecto a las herbívoras o carnívoras (López y Fermín, 2019).

Existen evidencias de la preferencia de algunas especies por ingerir partículas de un color específico (Wright *et al.*, 2013, López y Fermín 2019). Los microplásticos de color azul poseen una mayor amenaza para la fauna marina, las aves marinas, ingieren estos plásticos confundiéndolos con sus presas y los microplásticos color blanco y amarillo son ingeridos accidentalmente por las comunidades planctónicas por su semejanza a sus presas (Zarate e Iannacome, 2021).

Las primeras consecuencias de la ingesta de microplásticos es que éstos pueden producir bloqueo intestinal, sensación de saciedad y pérdida de la capacidad para alimentarse (Nelms *et al.*, 2018, López y Fermín 2019), reduciendo las tasas de crecimiento y reproducción debido a la disminución en la ingesta de nutrientes (Ferreira *et al.*, 2018, López y Fermín 2019).

En el caso de los corales, estos parecen responder diferencialmente a los microplásticos. Los materiales poliméricos pueden depositarse sobre los corales, privándoles de la luz y favoreciendo la anoxia (Lamb *et al.*, 2018, López y Fermín 2019).

2.7 Distribución de los microplásticos en los ambientes marinos

El transporte y la dispersión de los microplásticos en los océanos se da a través de los depósitos marinos, es decir, en las costas, las playas, en los sedimentos del fondo marino y en las aguas superficiales desde el Ártico hasta la Antártida, donde se concentran en zonas alejadas (Auta *et al.*, 2017 y Cruz, 2020).

La distribución de microplásticos está determinada por la densidad de las partículas, la ubicación de las fuentes y el transporte mediante las corrientes oceánicas y las olas (Auta *et al.*, 2017). Sin embargo, uno de los factores más importantes en la distribución y acumulación de microplásticos son las corrientes oceánicas (Bosker *et al.*, 2018), ya que esto les permite dispersarse de manera sencilla y extensa (Auta *et al.*, 2017).

Debido al amplio uso del plástico, los microplásticos se han dispersado por todos los mares y océanos, desde los polos hasta el ecuador (Wright y Kelly 2017), independientemente de la cercanía del ser humano con el ecosistema. La dinámica oceánica ha favorecido la acumulación de estos materiales en algunos lugares particulares como los giros de circulación oceánica, de tal forma que existe elevada concentración asociada al giro de circulación general del Atlántico Norte (Bosker *et al.*, 2018), del Pacífico Sur (Martínez *et al.*, 2009) y del Pacífico Norte (Clark *et al.*, 2016). Este último es conocido como el gran parche de basura del Pacífico (Pinto *et al.*, 2017). En términos generales la acumulación de microplásticos es mayor en la zona costera que en mar abierto (Mizraji *et al.*, 2017).

Existiendo algunos ambientes como los estuarios, que actúan como retenedores de estos materiales durante la época de sequía; en contraste durante el período de lluvias, el agua proveniente de los ríos ayuda a exportarlos mar adentro (Ferreira *et al.*, 2018).

Una vez transportados, los microplásticos se depositan en los sedimentos, dónde se ha estimado que su concentración es de cuatro a cinco veces más elevada que en la columna de agua (Worm *et al.*, 2017).

Un factor que debe considerarse en la distribución y abundancia de microplásticos es el tamaño de la partícula, ya que se ha mencionado que los microplásticos se incrementan exponencialmente con la disminución del tamaño de la partícula (Song *et al.*, 2017).

2.8 Microplásticos en playas de México

En playas mexicanas se encuentran microplásticos, particularmente de fibras plásticas provenientes de pesca, turismo y del impacto de los empaques y embalajes utilizados por las personas, así como microplásticos que provienen de aguas residuales. Esta contaminación de plásticos disminuye el valor estético de las playas, principal destino turístico de México (García, 2019, Rivas y Garelli, 2021).

En el año 2018, México se posicionó como el sexto país más turístico del mundo y sus tres principales destinos de playas son Cancún, Acapulco y Riviera Maya lugares donde se realizan actividades de importancia económica para las regiones. Uno de los lugares más contaminados por plásticos es la playa de Xahuayxol en Quintana Roo, México, que es parte de una Reserva Natural alejada de desarrollos turísticos masivos y hoy se encuentra contaminada por plásticos que llegan mediante corrientes marinas desde sitios remotos (García, 2019).

En las playas de Baja California se han encontrado una abundancia de micropartículas plásticas de 135 ± 92 partículas por kilogramo (Piñon *et al.*, 2018). Mientras que en el Golfo de México la mayoría de los materiales encontrados son de polipropileno y polietileno, muchos de los cuales son utilizados en productos de vida corta como vasos, vajilla desechable y bolsas plásticas de tiendas de conveniencia; encontrándose una abundancia de hasta 61.08 ± 34.61 piezas por metro cuadrado (Wessel *et al.*, 2016 y Beckwith y Fuentes, 2018).

En Huatulco, estado de Oaxaca, se encontró presencia de microplásticos en las playas adyacentes a grandes hoteles, y este aumenta en temporada de alta afluencia de turistas, esta contaminación responde a la afluencia de aguas residuales (Remata *et al.*, 2016).

2.9 Alternativas sustentables en el manejo de plásticos

México no cuenta con una legislación a nivel federal respecto al uso del plástico y la legislación para el manejo de residuos actual es insuficiente. Sin embargo, distintas entidades

federativas han aprobado leyes locales o han creado iniciativas de ley enfocadas en la regulación de plásticos de un solo uso (Cuadro 4) (García, 2019).

Cuadro 4. Regulación de productos plásticos en México

Año	Legislación	Descripción
2017	Ley Ambiental del Estado de Nuevo León (Artículo 168 y 232)	Se presentó la iniciativa de reforma aplicable del 25 de enero de 2020, donde queda prohibida la venta y uso de popotes de polietileno, polipropileno y polímero de plástico.
2018	Reglamento de Protección al Medio Ambiente y Manejo de Áreas Verdes del Municipio de Aguascalientes. (Artículo 278, 394 fracción XIX)	Se aprobó la prohibición del suministro de bolsas, popotes y cualquier otro contenedor de unicel o plástico no reutilizable.
	Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California. (Artículo 141 y 187)	Se aprobó la eliminación del uso de bolsas plásticas y contenedores de unicel.
	Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Chihuahua. (Artículo 21 y 74)	Se prohibió el uso de popotes plásticos en restaurantes.
	Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Coahuila de Zaragoza. (Artículo 104 Bis, 150 Bis, 156 Bis y 182)	Se aprobó reforma para restringir la venta y obsequio de bolsas y popotes plásticos en supermercados, tiendas de autoservicio y similares.

Año	Legislación	Descripción
	Ley de Gestión Ambiental Sustentable para el Estado de Durango. (Artículo 5°, fracción XXXIX, XL y XLI y 134)	Se reformó la Ley para implementar el programa “Durango dice adiós a las bolsas de plástico”.
	Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí. (Artículo 104, fracción V, inciso c, 107 y 159)	Se reformó la Ley Ambiental para prohibir la dádiva de bolsas de plástico desechable y popotes.
	Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente de Sonora. (Artículo 136, fracciones X y XI, 143 Bis y 196)	Se presentó una reforma para prohibir la distribución y uso de bolsas de plástico.
	Código para el Desarrollo Sustentable del Estado de Tamaulipas (Artículo 36, numeral 6°,7°, y 299)	Se realizaron modificaciones a ley para que a partir del 1 de enero de 2019 los comercios utilicen bolsas biodegradables y queda prohibida la entrega de bolsas fabricadas con materiales plásticos en un 100%.
	Ley de Prevención y Gestión de Residuos Sólidos Urbanos Manejo Especial para el Estado de Veracruz. (Artículo 1°, fracciones XIII y XIV, 23 Ter y 79)	Se aprobó una reforma para disminuir el uso de popotes y plásticos.
	Reglamento de Protección Ambiental y Cambio Climático del Municipio de Querétaro.	Entró en vigor la prohibición de la distribución de dos millones de bolsas de plástico para el arrastre de mercancías, lo que implica dejar de emitir 8,500 kilogramos de dióxido de carbono. A su vez, queda

Año	Legislación	Descripción
	(Artículo 132 y 180, fracción I)	prohibida la entrega de bolsas de plástico en tiendas comerciales y mercantiles.
2019	Ley para la Gestión Integral de los Residuos de Yucatán.	Se envió iniciativa de modificación de Ley para la disminución y eliminación gradual del uso de bolsas y popotes de plástico.
	Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Guerrero.	Se aprobó la prohibición del uso de bolsas de plástico y la entrega de envases de unicel.
	Ley Estatal de Equilibrio Ecológico y la Protección del Medio Ambiente de Jalisco. (Artículo 6°, 7°, 8° y 148)	Entró en vigor la prohibición del uso de plásticos y popotes en el año 2020 y se aplicarán multas por su uso.
	Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (Fracción XVI al artículo 3°, artículo 6°, fracción XI y 25 fracción XI bis)	Se aprobó la prohibición de artículos plástico de un sólo uso.
	Ley Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos de Oaxaca. (Artículo 68 Bis)	Se aprobó la prohibición del uso de unicel.

Fuente: González y Monreal, 2019.

Algunas alternativas para el manejo de plásticos propuestas por García (2019) y Huera *et al.*, (2021), se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Alternativas para el manejo de plásticos

García (2019)	Huera (2021)
<p>Informar a la población en campañas publicitarias sobre la importancia y utilidad de separar los residuos, así como la relevancia de disminuir el consumo y distribución de plásticos.</p>	<p>Establecer nuevos esquemas depósito-reembolso para facilitar el acopio de los residuos plásticos que se reciclen.</p>
<p>Fomentar entre los más jóvenes, a través de cursos y talleres en escuelas de educación básica, la filosofía de reutilizar y la de contribuir al reciclaje al separar los residuos.</p>	<p>Promover la implementación de instrumentos económicos, como impuestos, para quienes sigan utilizando productos o materiales difíciles de reciclar. El dinero recaudado se puede emplear para crear, ampliar o mejorar la infraestructura para el reciclaje de los residuos plásticos.</p>
<p>Consolidar un sistema de recolección de residuos, para que no revuelvan los que ya ha sido separado y se asegure su traslado de forma segura y exitosa.</p>	<p>Establecer metas de reciclaje con una fecha límite para alcanzarlas e incluirlas en la normatividad vigente para darles un carácter obligatorio. Si dichas metas no se cumplen, se puede establecer la restricción o prohibición en la venta o uso de ciertos productos.</p>
<p>Impulsar campañas y políticas que apoyen a comunidades indígenas y rurales a limpiar sus espacios y manejar sus residuos.</p>	<p>Desarrollar criterios y normas nacionales para evaluar la calidad de los materiales reciclados, de manera que se garanticen sus propiedades para las diferentes aplicaciones de interés.</p>
<p>Impulsar políticas públicas que sancionen económicamente a los responsables de tirar basura y plásticos en las calles, playas, otros.</p>	<p>Impulsar la innovación y la investigación de materiales, diseños, procesos y productos que faciliten el reciclaje de los residuos plásticos.</p>

García (2019)	Huera (2021)
<p>Impulsar políticas públicas encaminadas a reducir el consumo de plásticos de un solo uso mediante la adición de un impuesto a bolsas plásticas, prohibición de popotes y unicel, así como multas a quienes desobedecen las normas actuales o las que entrarían en vigor.</p>	<p>Armonizar en todo el país los procesos de separación y clasificación de residuos para asegurar la misma calidad de los materiales generados sin importar el lugar en donde sean obtenidos.</p>
<p>Fomentar la investigación científica para profundizar en los efectos del macro, micro y nanoplástico en la salud humana.</p>	<p>Promover una cultura de consumo de productos biodegradables, así como evitar los desechables de un solo uso o productos con sobre empaquetamiento y difundir los niveles de contaminación debido a la inadecuada disposición final de residuos plásticos.</p>
<p>Legislar tomando en cuenta las variedades de plástico existentes más allá de los de un sólo uso.</p>	<p>Incrementar la vigilancia en playas y costas para asegurar que no sean vertidos los residuos plásticos directamente al mar, y que hoteles y puertos cuenten con un adecuado plan de manejo</p>

Fuente: García, 2019 y Huera *et al.*, 2021.

3. ESTADO DEL ARTE

Cuadro 6. Descripción del estado del arte.

Autor	Año de publicación	Título del estudio	Descripción
Rosado, V. L., Mendoza, N., Vázquez, A., Álvarez, J.C., Beltran, M. y Ojeda, S.	2018	Caracterización de microplásticos y muestreo de residuos sólidos urbanos de la playa de Tuxpan, Veracruz	<p>El objetivo fue identificar y clasificar los tipos de microplásticos y RSU presentes en la playa, se obtuvo las concentraciones de microplásticos en función de su masa, área y longitud de arena muestreada de la recolección realizada los días 2 y 3 de septiembre de 2017.</p> <p>En el muestreo de microplásticos se calcularon las concentraciones de microplásticos de acuerdo a la masa de arena de muestra seca (93.27 pzs/kgss (piezas de microplásticos por kilogramos de arena seca)), al área (73.2 pzs/m²) y longitud (36.6 pzs/m) muestreada.</p> <p>Se encontró mayor número de MP el día sábado 2, debido a la cantidad generada de RSU y las condiciones climáticas de fuertes lluvias que provocaron arrastre de los MP fuera de la zona de muestreo para el día domingo 3.</p> <p>La identificación de colores con mayor abundancia para ambos días fue blanco (30%), transparente (12-</p>

Autor	Año de publicación	Título del estudio	Descripción
			29%) y verde (12-16%). El tipo de plástico de acuerdo a su morfología con mayor número de piezas encontrado fue el plástico rígido (74-80%) para ambos días. Así mismo se encontraron 3 tipos de plásticos en las muestras de ambos días siendo el polietileno (PE), polipropileno (PP) y poliestireno (PS), el que tuvo más abundancia para ambos días fue el PE (71-74%).
Cruz, A.A., Álvarez, J.C., Martínez, C., Enríquez, M. del R., Gutiérrez, M. del R., Vázquez, A. y Ojeda, S.	2020	Cuantificación y caracterización de microplásticos y residuos sólidos urbanos en playa Zipolite, Oaxaca	Se evaluó las concentraciones de microplásticos y residuos sólidos urbanos en tres temporadas distintas en una misma zona de la playa Zipolite, en el estado de Oaxaca. Las mayores concentraciones de microplásticos se encontraron en abril de 2019 con 1.06 #MP/kg (número de microplásticos por kilogramos de arena seca), mientras que para residuos sólidos fue en mayo de 2018 con 0.15 piezas/m ² de macro residuos y 0.11 piezas/m ² de fragmentos. El material más común fue el plástico (77.6% macro residuos y 91% fragmentos) y los tipos de residuos frecuentes fueron macroresiduos las colillas (40%) y fragmentos plásticos

Autor	Año de publicación	Título del estudio	Descripción
			<p>rígidos y semirrígidos (54%). En cuanto a las características de los microplásticos las más típicas fueron fibras (47%), en color el azul (35%) y en tamaño de 1-2 mm (67.4%). Las diferencias de las altas concentraciones de residuos sólidos y microplásticos entre temporadas se atribuye a que los primeros se generan dependiendo de las actividades recreativas típicas que se realizan en playa en cada temporada, mientras que los segundos dependen en gran medida de la ocurrencia de algún evento climático dado que estos influyen en la concentración y dispersión de los microplásticos en el océano y posteriormente en la costa.</p>
<p>Álvarez, J.C., Tapia, J., Cruz, A.A., Vázquez, A., Ojeda, S. y Cruz, S.</p>	<p>2020</p>	<p>Presencia de microplásticos en cuatro zonas de la playa Coatzacoalcos</p>	<p>Se determinó si existían diferencias significativas entre las concentraciones de MP en zonas cercanas a la descarga de aguas residuales y alejadas. Se eligieron cuatro áreas de muestreo, dos cercanas a las descargas de aguas residuales y dos alejadas de las mismas, en cada área se delimitó la playa de 100 m y se eligieron 10 puntos aleatorios para la toma de</p>

Autor	Año de publicación	Título del estudio	Descripción
			<p>muestra, que se extrajo con un cilindro de 19 cm de diámetro y 5 cm de profundidad.</p> <p>Se encontraron microplásticos en todas las áreas, se demostró una relación significativa entre la presencia de microplásticos en áreas cercanas a la descarga de aguas residuales, donde las concentraciones fueron 2.3 veces mayores a las zonas alejadas.</p> <p>Se observó que en las cuatro áreas de estudio los microplásticos de origen secundario fueron las más comunes, con una proporción promedio del 82.5%. El tipo de microplástico más común fue el fragmento con 47.5% seguido del espumado (20.6%) y pellet (16.3%).</p> <p>Los tres colores más comunes en casi todas las zonas de muestreo fueron blanco, transparente y amarillo, a excepción del área 1 donde el verde se posiciono en tercer lugar.</p> <p>En la clasificación por tamaño se encontró que el más común en todas las zonas muestreadas fue en un intervalo de 0.5-1.0 mm con 51.6% en promedio.</p>

Autor	Año de publicación	Título del estudio	Descripción
Torrez, K.A., Cervantes, O., Reyes, J. y Olivos, A.	2021	Clasificación de microplásticos en playas urbanas, suburbanas, rurales y naturales de Colima y Jalisco, México	Identificaron y clasificaron los microplásticos en 12 playas de tipo urbano, sub-urbanos, rural y natural, ubicadas en los estados de Colima y Jalisco, México. Colectaron, analizaron y clasificaron un total de 94 muestras de sedimento en la línea de pleamar, identificando mediante flotación e inspección visual un total de 12,001 microplásticos que fueron clasificados por forma, color y tamaño. Se estableció una abundancia promedio de 2553.4 ± 1895.8 MP/kg. Se encontró una mayor concentración de microplásticos en la tipología suburbana ($3,619 \pm 2608.2$ MP por kg^{-1} de sedimento seco), seguida de la urbana (3188 ± 2302.4 MP por kg^{-1} de sedimento seco), la rural ($2,107 \pm 1185$ MP por kg^{-1} de sedimento seco) y finalmente la natural ($1,824 \pm 866$ MP por kg^{-1} de sedimento seco). Los tipos de microplástico que encontraron fueron fragmento, fibra, granulo y película. Los más comunes fueron las fibras (88%) y fragmentos (9%). En la clasificación por colores domino el azul (45%), seguido del gris (12.7%) y negro (11.9%).

Autor	Año de publicación	Título del estudio	Descripción
Benavente, V.R.	2021	Determinación de la presencia de microplásticos en nueve playas de Camaná – Arequipa - Perú y programa de sensibilización	<p>El objetivo de este estudio fue determinar e identificar los microplásticos presentes en las playas de Camaná-Arequipa, las playas en las cuales se realizó el muestreo fueron en el Chorro, la Punta, Primavera, las Tortugas, Cerrillos, las Cuevas, San Marino, La Miel y La Playuela, las muestras de arena de las playas se tomaron en los meses de enero y febrero del 2019. Se encontró que la playa con mayor número de micro plásticos/m² es la playa La Miel con 1382 de micro plásticos/m², seguido de la Playuela con 599 micro plásticos/m².</p> <p>En total se colectaron y clasificaron 2,347 micro plásticos en nueve playas de Camaná, los micro plásticos encontrados con mayor frecuencia fueron los azules, seguidos por los verdes, luego los blancos transparentes y los amarillos los cuatro eran de PET, los negros de PVC, celeste, blanco opaco, rojo, gris, pardo, rosado, anaranjado y por último los de color morado.</p>

4. METODOLOGÍA

4.1 Área de estudio

El estudio se realizó en tres zonas de playa (Aventura, El Arca y Azul) ubicadas en el municipio de Tuxpan, localizadas al Norte del estado de Veracruz. Colinda al Norte con las playas del municipio de Tamiahua, al Este con el Golfo de México y al Sur con las playas del municipio de Cazones. La playa se extiende por 42 km, desde el estero de Juan González al Sur del municipio, hasta la barra de Galindo en la desembocadura Norte de la laguna de Tampamachoco (Figura 6).

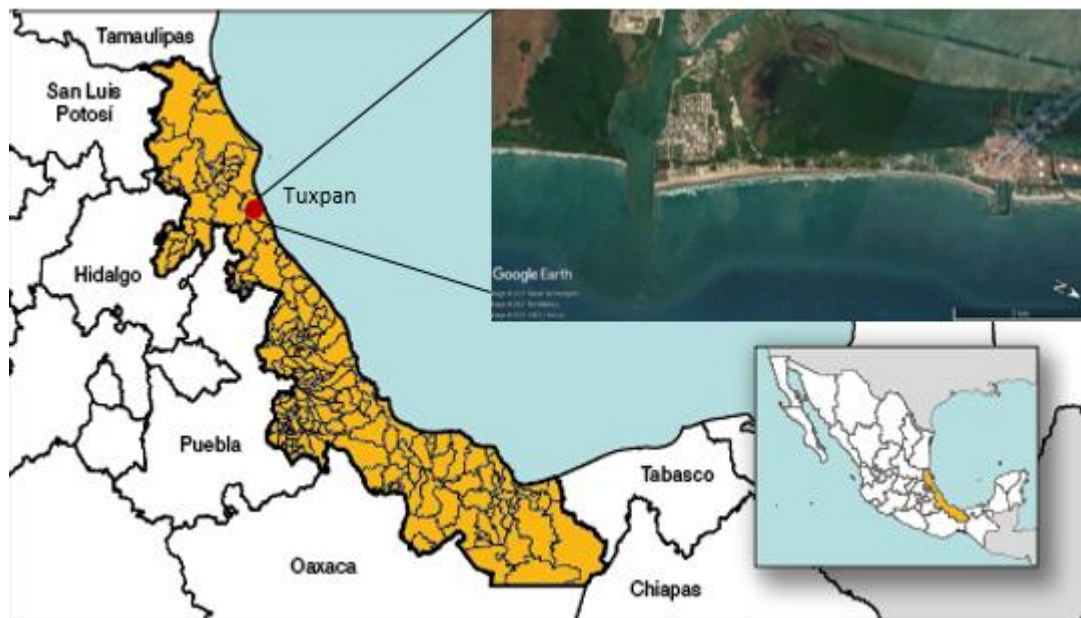


Figura 6. Ubicación del estado de Veracruz y zona de playa del municipio de Tuxpan

4.2 Selección de las áreas de estudio

El estudio se llevó a cabo en la playa de Tuxpan, Veracruz, la cual se ubica en las coordenadas que se muestran en el cuadro 7. En la figura 7 se presenta la ubicación geográfica de la zona de estudio, así como las tres zonas elegidas para llevar a cabo la toma de muestras.

La zona de playa “Aventura” fue elegida por el criterio de ser zona de afluencia alta de turismo, “El Arca” por ser una zona de afluencia media de turismo y la zona “Azul” por afluencia baja de turismo.

Cuadro 7. Coordenadas de la ubicación geográfica de las zonas de estudio

Zona de playa	Región marina	Coordenada inicial	Coordenada final
Aventura	Golfo de México	20°58'46.80" latitud Norte 97°18'38.20" longitud Oeste	20°58'48.30" latitud Norte 97°18'41.30" longitud Oeste
El Arca	Golfo de México	20°58'52.60" latitud Norte 97°18'46.10" longitud Oeste	20°58'57.00" latitud Norte 97°18'49.40" longitud Oeste
Azul	Golfo de México	20°58'95.40" latitud Norte 97°18'77.90" longitud Oeste	20°59'00.30" latitud Norte 97°18'81.00" longitud Oeste



Figura 7. Mapa de la ubicación de las zonas de estudio

4.3 Sitios de muestreo

El muestreo de microplásticos se desarrolló de acuerdo a la propuesta metodológica de Vázquez *et al.* (2020) en los meses de julio, agosto y septiembre de 2021 se muestrearon tres transectos en tres zonas de playa (Aventura, El Arca y Azul), en cada transecto se seleccionaron 10 sitios con una distancia de 10m entre sitio y sitio sobre la línea pleamar (Figura 8, 9, 10). Para la selección de zonas de playa se tomó en cuenta las zonas de afluencia turística alta, media y baja.



Figura 8. Playa “Aventura” de afluencia alta



Figura 9. Playa “El Arca” de afluencia media



Figura 10. Playa “Azul” de afluencia baja

4.4 Recolección de la muestra

La toma de muestra se realizó sobre la línea pleamar. En cada sitio se hundió un muestreador cilíndrico de policloruro de vinilo (PVC), de 19 cm de diámetro y 5 cm de altura; hasta el borde marcado de 5 cm, una vez que el muestreador quedó enterrado, se retiró la arena alrededor del mismo y posteriormente se separó la muestra deslizando una pala metálica en la parte inferior del muestreador, después se almacenaron y etiquetaron en bolsas plásticas para su traslado al laboratorio.

4.5 Determinación de microplásticos

El trabajo de laboratorio tuvo como finalidad extraer los MP presentes en las muestras de arena, para su posterior cuantificación y clasificación. Se realizó en cuatro etapas; secado de las muestras, extracción de microplásticos, cuantificación y clasificación.

La muestra se colocó en charolas de aluminio y se secó a 120 °C durante 2 horas en un horno de marca Genlab y modelo MINO Series Classic Ovens. Posteriormente se determinó su masa en base seca.

La extracción de microplásticos se hizo a través de tamizado y pruebas de flotación. La muestra seca se pasó por un tamiz de malla con abertura de 500 Mic. Para eliminar las partículas menores a 1-5 mm. Los sólidos retenidos en el tamiz se sometieron a un proceso de extracción por flotación.

Para las pruebas de flotación se prepararon 50 ml de una solución salina de CaCl_2 con $\rho \approx 1.6$ g/ml (37 g de CaCl_2 en 50 ml de agua). La solución se transfirió a un vaso de precipitado, posteriormente se agregó la muestra tamizada, se agitó un minuto y se dejó reposar otro minuto. Con ayuda de una cuchara de cerámica se retiraron los microplásticos flotantes.

Para identificar los materiales calcáreos (restos de conchas y exoesqueletos) se adicionó una solución ácida de HCl 0.5 N, la cual se preparó 41.62 ml de HCl con 37% de pureza a 1 L de agua destilada. La muestra fue agregada a dicha solución ácida, sometiéndose a un tiempo de acción de 3 minutos. En cuanto a la materia orgánica (fibras vegetales y animales), se realizó una prueba similar, en la que se utilizó agua oxigenada la cual permitió diferenciar las fibras sintéticas de las vegetales y animales. A las partículas de estudio se les agregaron agua oxigenada y se agitaron durante tres minutos; la partícula oxidada que presentó una

coloración amarillenta, fue considerada como materia orgánica, pero si no presentaba las características anteriores se identificó como una fibra sintética.

4.6 Cuantificación de microplásticos

Se calculó la concentración de microplásticos tomando en cuenta la masa de arena seca (CMSS), el área de arena colectada (CA) y la longitud del punto muestreado (CL) como se describe en las ecuaciones (1), (2) y (3):

$$C_{mss} = \frac{\#piezas}{m} \quad 1. Ecuación$$

Donde:

C_{MSS} : Concentración de microplásticos en masa de arena seca

m: Kg de arena

$$C_A = \frac{\#piezas}{\text{área}} \quad 2. Ecuación$$

Donde:

C_A : Concentración de microplásticos en área de muestreo

Área: 0.028 m²

$$C_L = \frac{\#piezas}{L} \quad 3. Ecuación$$

Donde:

C_L : Concentración de microplásticos de la longitud del punto muestreado.

L: Longitud del cilindro de PVC (0.19 m).

4.7 Caracterización de microplásticos

La caracterización de microplásticos se dio en dos categorías: por color (azul, verde, rojo, blanco, rosa, transparente, naranja, amarillo y negro) y por tipo (fragmentos rígidos, fibras, espuma, flexible y pellets). Durante el procedimiento los materiales de laboratorio se

limpiaron antes de su uso, los microplásticos recolectados fueron colocados en portaobjetos para su identificación y observación, donde se utilizó un lente de 10x.

4.8 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el programa estadístico Minitab, versión 19 con un análisis de varianza (ANOVA). El nivel de significación elegido fue de 0.05.

4.9 Propuesta de alternativas de manejo sustentable de plástico

La propuesta de manejo de residuos plásticos se basó en la cantidad y tipo de residuos plásticos en las zonas muestreadas en la zona de playa del municipio de Tuxpan, Veracruz.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Muestreo de microplásticos

El número de piezas y las concentraciones se calcularon de acuerdo a la masa de arena en base seca (C_{MSS}), al área de arena colectada (C_A) y a la longitud del punto muestreado (C_L), de la recolección de microplásticos para las playas “Aventura”, “El Arca” y “Azul”, que se muestran en el cuadro 8.

Cuadro 8. Concentración de microplásticos

Zona de playa	Número de piezas	C_{MSS} (pzs/Kg _{ss})	C_A (pzs/m ²)	C_L (pzs/m)
Aventura Afluencia alta	29	1.12	102.28	15.26
El Arca Afluencia media	16	0.65	56.43	8.42
Azul Afluencia baja	13	0.59	45.85	6.84
Promedio	19.3	0.79	68.19	10.18

En el cuadro 8, se observa que la playa “Aventura” es la que tiene mayor afluencia de residuos sólidos urbanos depositados inadecuadamente, lo que genera mayor presencia de microplásticos, esto se debe a que es una zona considerada de mayor afluencia turística, en

la playa “El Arca” disminuyó la cantidad de microplásticos al 55% siendo una zona de media afluencia turística, la zona de la playa “Azul” tuvo un porcentaje menor al 50% debido a su lejanía con el turismo por lo que la presencia de microplásticos está en función de la afluencia turística.

La concentración de microplásticos en función de la masa de arena en seco (C_{MSS}), varía para cada playa, como se puede observar la playa “Aventura” fue de mayor concentración a diferencia de “El Arca” y “Azul” que fue de menor concentración. La concentración de microplásticos en área de muestreo (C_A) fue mayor en la playa “Aventura”, seguido de la playa “El Arca” y por último la playa “Azul” que presenta menor concentración. La concentración de microplásticos de la longitud del punto muestreado (C_L) fue dividido entre la playa “Aventura” con mayor concentración a comparación de la playa “El Arca” y “Azul” que muestran cerca del 50% menos.

5. 2 Caracterización de microplásticos

La caracterización de los microplásticos se realizó con base en el color y la morfología. A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada una de las categorías.

5.2.1 Color

En esta categoría se identificaron 9 colores de microplásticos, los que predominaron fueron verde y azul, sin embargo el color verde fue el que tuvo mayor cantidad para las tres playas, como se muestra en las figuras 12, 13 y 14. El color verde y azul se atribuye a plásticos provenientes de hilos de pesca, esto se puede relacionar a que la abundancia de estos es por la fragmentación de redes de pesca provenientes de la actividad pesquera de la zona. Los colores con mayor abundancia reportados en el presente estudio coinciden con los reportados en la ingesta de especies de origen marino por aves marinas (Zarate e Iannacone, 2021), lo que puede dar hipótesis a que la fauna de la zona local pueda sufrir una tendencia a confundir los microplásticos presentes en el entorno con su alimento.

El color de los microplásticos también revelo tendencias similares a los colores encontrados en la playa actual y otras playas mexicanas como Zipolite (Oaxaca), Coatzacoalcos (Veracruz), Las Brisas, Salagua (Colima) y Melaque, Careyitos (Jalisco) (Cruz *et al.*, 2020, Alvarez *et al.*, 2020 y Torrez *et al.*, 2021), e incluso playas de otros países como Perú (Benavente, 2021).

Por otra parte, Rosado *et al.*, (2018) reportó en la playa de Tuxpan, Veracruz la presencia de microplásticos con color predominante en blanco, seguido del transparente y verde. La mayoría de las tonalidades encontradas por el autor se reportan en el presente estudio, pero no son las predominantes, a excepción del verde; estos colores que encontró el autor son transparente, blanco, verde, amarillo, azul, rosa, gris, rojo, negro, café, morado y beige.

En la figura 11 se aprecia que la zona de playa “Aventura” obtuvo 7 colores de plasticos, de los cuales la mayor presencia fue de verde, seguido de azul. Se puede observar que los sitios con mayor presencia de MP son el 6 y 5 con tres y cinco MP respectivamente, cabe destacar que los sitios 7 y 8 no presentaron MP.

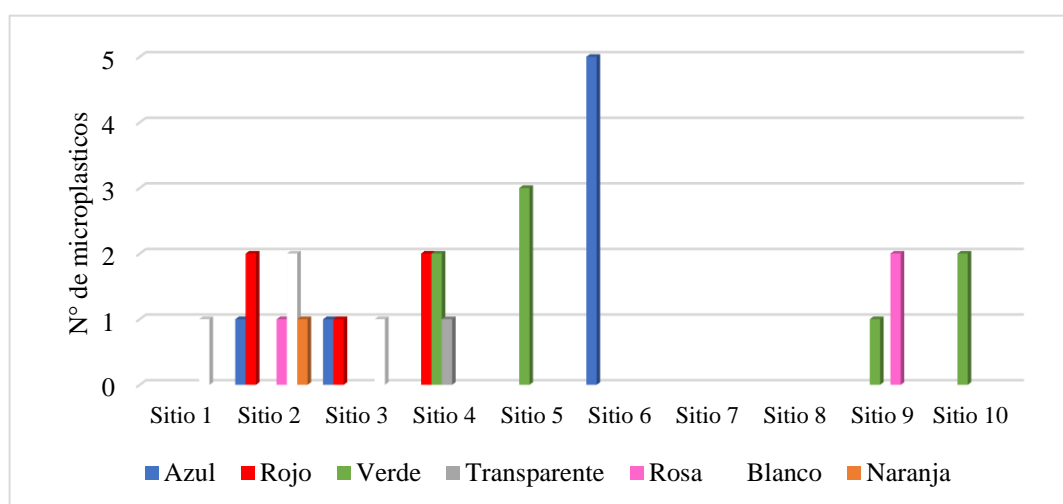


Figura 11. Clasificación de los microplásticos por color de la zona de playa “Aventura”

En la figura 12 se puede observar que la zona de playa “El Arca” tiene mayor presencia de microplásticos de color verde, seguido de color negro, así mismo se observa que en el sitio 1, 3, 6, 8 y 9 se tiene presencia de microplásticos de color verde, en los sitios 2,5,7 y 10 no se tiene presencia de ningún microplástico. El sitio que más presentó microplásticos fue el 1 con cuatro microplásticos de color verde.

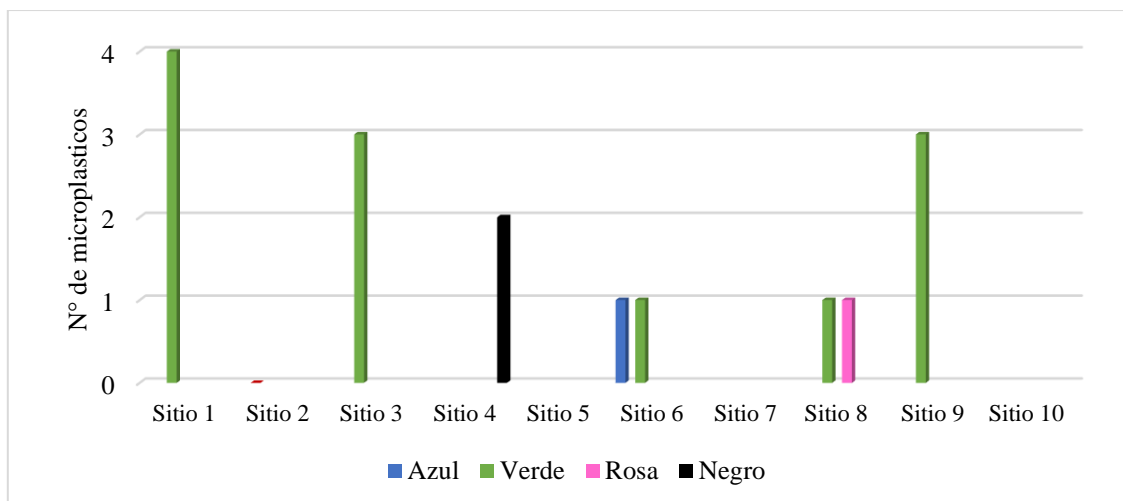


Figura 12. Clasificación de los microplásticos por color de la zona de playa “El Arca”.

En la figura 13, se observa que en la zona de playa “Azul” tiene mayor presencia de microplásticos de color verde, este color se presentó en el sitio 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 y 10, en el sitio 4 se encontró uno de color azul, en el sitio 6 hubo presencia de uno de color amarillo, en el sitio 7 y 8 no se hallaron microplásticos.

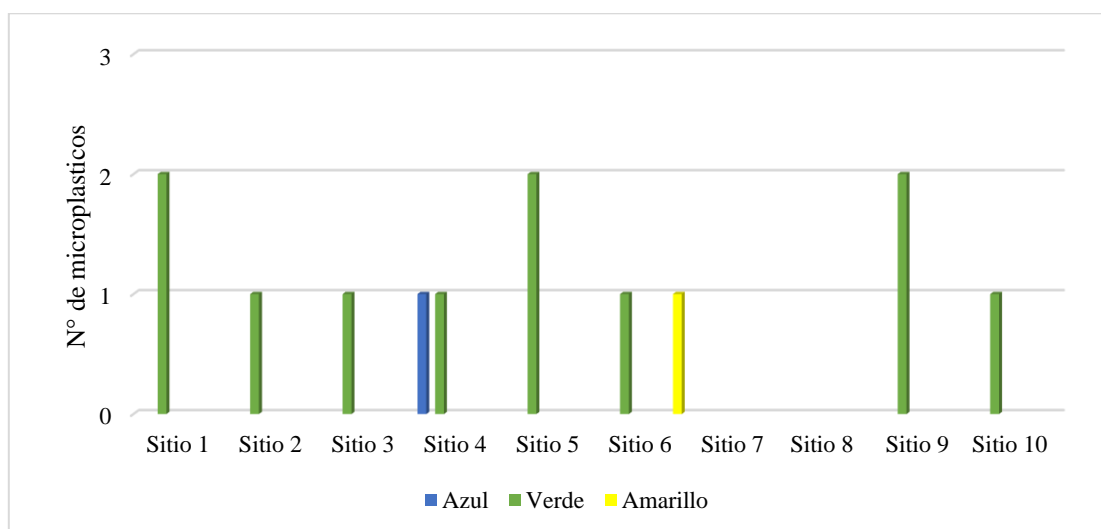


Figura 13. Clasificación de los microplásticos por color de la zona de playa “Azul”

5.2.2 Morfología

La clasificación de la morfología de los microplásticos se dividió en 5 categorías: fibra, espuma, flexible, pellets y fragmentos rígidos. Como se observa en las figuras 14, 15 y 16 se muestra la cantidad de microplásticos encontrados en cada sitio de las tres playas, en la playa “Aventura” se contó con mayor variedad de formas, a comparación de “El Arca” y “Azul”, en los que solo se encontraron dos tipos.

Las formas con mayor concentración fueron la fibra y flexibles, teniendo similitud con formas encontradas en estudios de otras playas mexicanas como las mencionadas anteriormente (Cruz *et al.*, 2020 y Torrez *et al.*, 2021). Por otro lado, Rosado *et al.*, (2018) reportó mayor predominancia en plásticos rígidos encontrados en la playa del municipio actual, a pesar de ello, las formas encontradas por el autor también se reportan en el presente estudio, sin embargo, no son las que predominan. Por otro lado, las formas con menor presencia en el presente estudio fueron los pellets y espumas.

De acuerdo con lo anterior, las formas predominantes de microplásticos son fibras que se originan a partir del desgaste de ropas sintéticas como el poliéster que terminan en efluentes domésticos, rotura de redes y líneas de pesca y los flexibles provienen de la fragmentación de envoltorios y bolsas de plástico más grandes.

En la figura 14 se observa que la playa “Aventura” presentó mayor cantidad de microplásticos flexibles, seguido de fibras y fragmentos rígidos con la misma cantidad de piezas encontradas, la fragmentación de algunos recipientes de comida, botellas de bebidas o bolsas de plástico dan lugar a estos microplásticos del tipo fragmentos. El sitio 6 es el que tiene mayor número de microplásticos flexibles y el sitio 2 tiene cuatro microplásticos de fragmentos rígidos, el sitio 7 y 8 no se presenciaron ningún tipo de microplásticos.

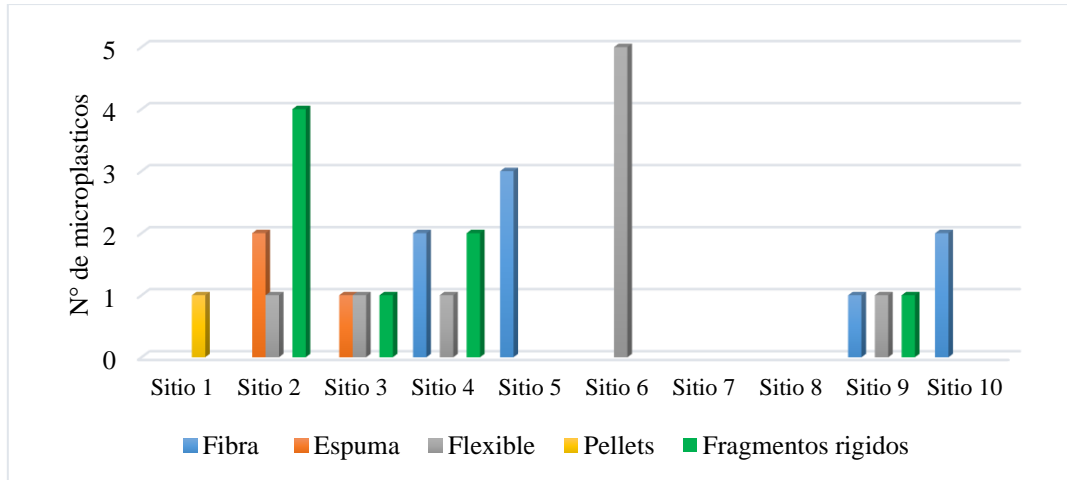


Figura 14. Clasificación de los microplásticos por forma de la zona de playa “Aventura”.

En la figura 15 se observa que en la playa “El Arca” el tipo de forma con mayor cantidad de microplástico fue la fibra, encontrada en los sitios 1, 3, 6, 8 y 9, el sitio con mayor presencia de fibra fue el uno.

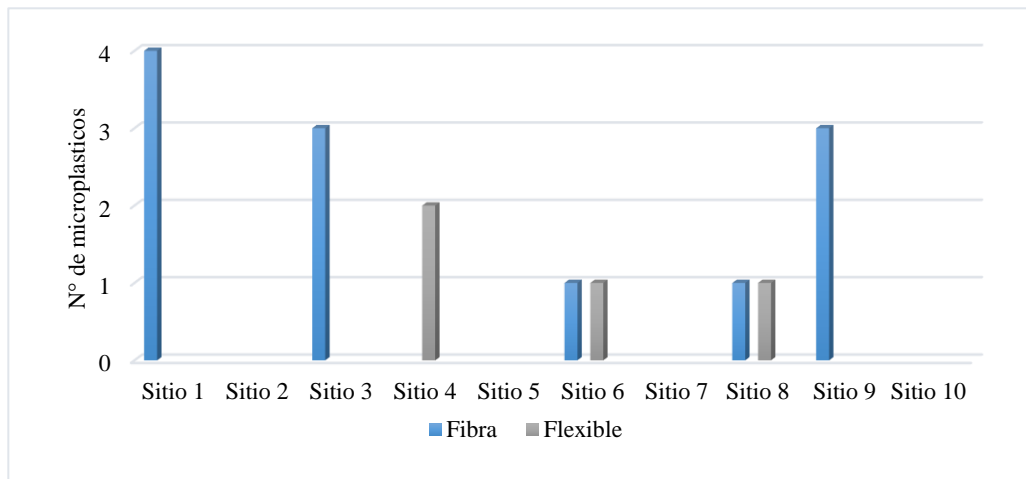


Figura 15. Clasificación de los microplásticos por forma de la zona de playa “El Arca”.

Como se observa en la figura 16, en la zona de playa “Azul” se tiene presencia de microplásticos de tipo fibra en 8 sitios, los sitios 7 y 8 no presentaron microplásticos, en el sitio 4 se obtuvieron una fibra y un flexible.

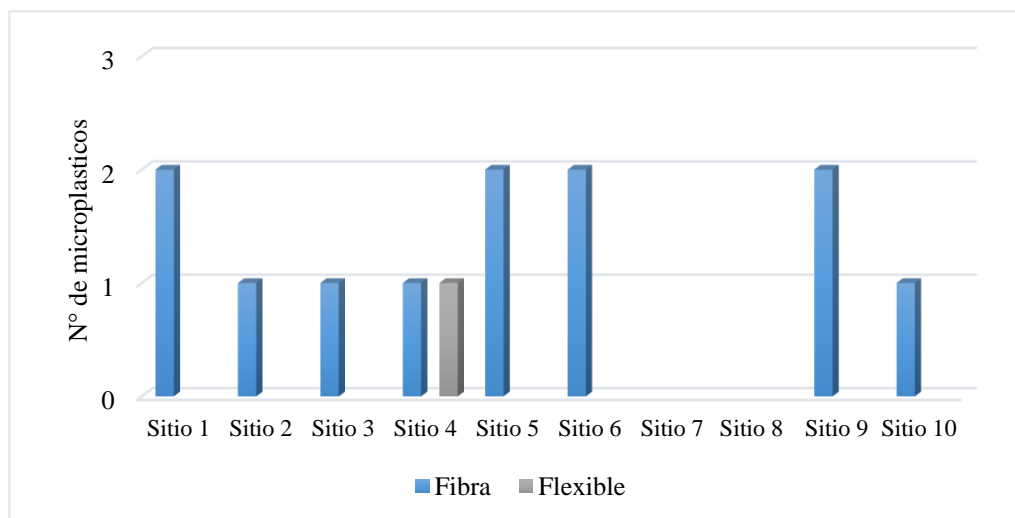


Figura 16. Clasificación de los microplásticos por forma de la zona de playa “Azul”

5.3 Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico ANOVA donde se encontró que existe diferencia estadística, entre la playa “Aventura” y las playas “El Arca” y “Azul”, en contraste las playas “El Arca” y “Azul” no muestran diferencia estadística entre sí, como se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Intervalo de sitios vs playas

Zonas de playas	Total de MP	Intervalo *
Aventura	29	1.83019 ± 3.96981 ^b
El Arca	16	0.530188 ± 2.66981 ^a
Azul	13	0.230188 ± 2.36981 ^a

Nota: *Letras diferentes entre filas indican diferencias significativas ($p < 0.005$).

5.4 Propuestas de alternativas de manejo sustentable de plástico

Las alternativas de manejo sustentable del plástico son para reducir la contaminación que afecta a la fauna marina, y mejorar el entorno de la calidad ambiental de las playas, por lo que se proponen las siguientes alternativas:

A nivel individual:

- Disminuir o evitar el consumo de moda rápida (ropa de poliéster o fibras sintéticas) y optar por las prendas elaboradas a partir de fibras naturales.

- Utilizar filtros para las lavadoras o bolsas protectoras para recolectar algunos de los microplásticos que se desprenden durante el lavado.
- Evitar el consumo de plástico de un solo uso, optando por utilizar opciones reutilizables.
- Utilizar bolsas de tela para realizar compras en supermercado, evitando el consumo de bolsas plásticas.
- Optar por seleccionar productos que no contengan empaque plástico o realizar compras a granel en recipientes reutilizables.

A nivel local y estatal:

- Prohibir el uso de plásticos de un solo uso en las zonas de playa.
- En zonas de palapas colocación de un mínimo de tres cestos de basura para su depósito y evitar la acumulación de residuos en la playa.
- Desarrollar acciones de comunicación en redes sociales para sensibilizar a la ciudadanía.
- Promover cuotas a personas que causen daños y quienes sigan utilizando productos de un solo uso. El dinero recaudado será para campañas de reciclaje.
- Realizar campañas periódicamente de limpieza de playas.
- Desarrollar acciones de educación y capacitación dirigidas al personal que vive en las cercanías de la playa para contribuir con el tratamiento y disposición de residuos.
- Realizar capacitaciones a servicios públicos, sobre gestión de residuos marinos y microplásticos.
- Buscar financiamiento en el sector público y privado, para apoyar a la comunidad en la limpieza y recolección de los residuos sólidos presentes en las playas, y dar seguimiento con las actividades de protección y conservación de las especies marinas.
- Regular el uso de instrumentos de artes de pesca que presentan un riesgo para la fauna marina.
- Realizar capacitaciones a profesores de distintos niveles académicos y estudiantes sobre medidas de prevención e impactos de los microplásticos en el medio ambiente.
- Promover en asociaciones, cooperativas, clubes y otras agrupaciones de actividades de educación ambiental y manejo de residuos.

A nivel nacional:

- Fomentar la investigación e innovación sobre residuos marinos y microplásticos a nivel local, estatal y nacional, para reducir sus impactos en el ambiente.
- Sistematizar estudios e información existente para evaluar alternativas de regulación de fuentes de microplástico y residuos sólidos urbanos que son generados en zonas costeras.
- Elaborar informes de diagnóstico nacional sobre cantidades, fuentes y conductas que inciden en la generación de residuos marinos y generar planes y programas regionales para la regulación de estos.
- Realizar actividades de difusión y capacitación a personas involucradas en el sector pesquero, turismo y transporte marítimo, y promover la difusión de experiencia/casos de éxito del sector privado y sociedad civil sobre gestión de residuos marinos.

6. CONCLUSIONES

Se identificaron microplásticos en tres zonas de playa del municipio de Tuxpan, Veracruz, encontrando una abundancia alta de microplásticos por tipo de fibra y flexible de colores verde y azul, las fuentes más probables de contaminación son por redes de pesca, fibras textiles y bolsas desechables.

Se calcularon y compararon las concentraciones de microplásticos en tres zonas de playa de afluencia alta, media y baja, siendo la zona de playa “Aventura” la más contaminada con 1.12 pzs/kgss, 102.28 pzs/m² y 15.26 pzs/m. Cabe destacar que los muestreos se realizaron de julio a septiembre del año 2021; el 21 de agosto del año 2021 se tuvo la presencia del huracán Grace, factor que incidió en la presencia de microplástico, otro factor es la localización de la desembocadura Norte de la Laguna de Tampamachoco, que trae el arrastré de microplásticos a la playa, misma que se encuentra a una distancia de 608.83 metros de la playa, así mismo, el Rio Pantepec en el que existen zonas de descargas de aguas residuales municipales; el municipio de Tuxpan se caracteriza por tener actividades de pesca, por lo que todos estos factores están relacionados con el color y forma de los microplásticos encontrados en los muestreos.

La afluencia de turismo en el municipio de Tuxpan es de $\pm 2,543$ personas al día en temporada vacacional, el horario de visita, el nivel de actividades antropogénicas y fenómenos meteorológicos, son factor determinante para la contaminación de playas.

La educación ambiental es una solución para disminuir la presencia de residuos sólidos en zonas costeras, sin embargo está debe ser congruente con la participación de ciudadanos, empresas y gobierno para disminuir el uso del plástico; además se debe promover el manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos, y concientizar a los turistas y usuarios y difundir información a la población sobre la problemática de la zona.

7. REFERENCIAS

1. Álvarez, J. C., Ojeda, S., Cruz, A. A., Martínez, C. y Vázquez, A. (2020). Microplastics in Mexican beaches. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104633>
2. Álvarez, J.C. (2020). Factores que inciden en la presencia de microplásticos en playas mexicanas [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Baja California] Repositorio Institucional UABC <https://hdl.handle.net/20.500.12930/1861>
3. Álvarez, J.C., Ojeda, S. y Vázquez, A. (2017). Residuos sólidos urbanos en una playa mexicana, implicaciones en la formación de microplásticos. Libro de actas. VII Simposio Iberoamericano en Ingeniería de Residuos, 390-395.
4. Arriaza, J. M., Sandoval, G., Cortes, E., Pozo, K. (2019). Un Mar de Micro Plásticos en Chile: Propuestas para minimizar sus efectos en Salud y el Medioambiente. Universidad San Sebastián. <https://fit.uss.cl/proyectos/proyecto-8/>
5. Arthur, C., Baker, J. and Bamford, H. (2009). Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30. https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/TM_NOS-ORR_30.pdf
6. Auta, H. S., Emenike, C., and Fauziah, S. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165–176. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2017.02.013>
7. 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 of London B. Biological Sciences* 364, 1985-1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
8. Beckwith, V. K. and Fuentes, M. M. P. B. (2018). Microplastic at nesting grounds used by the northern Gulf of Mexico loggerhead recovery unit. *Marine Pollution Bulletin*, 131, 32–37. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.04.001>

9. Bellas, J., Martínez, J., Martínezcámara, A., Besada, V. and Martínez, C. (2016.) Ingestion of microplastics by demersal fish from the spanish Atlantic and Mediterranean coasts. *Mar. Pollut. Bull.* 109(1), 55-60.
10. Bello D., Otero, M. A., Ortega, G. y Carrera, E. (2009). Estado del arte en la producción microbiológica de Polihidroxialcanoatos. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 43(2), 3-13. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120662002.pdf>
11. Benavente, V.R. (2021). Determinación de la presencia de microplásticos en nueve playas de Camaná-Arequipa-Perú y programa de sensibilización [Tesis de Licenciatura, Universidad Católica de Santa María] Repositorio Institucional UCSM <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/10594>
12. Bessa, F., Barría, P., Neto, J., Frias, J., Otero, V., Sobral, P. and Marques, J. (2018). Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 128(1), 575-584.
13. Boerger, C.M., Lattin, G.L., Moore, S.L. and Moore, C.J. (2010). Plastic ingestión by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 60(12), 2275-2278. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.007>
14. Bosker, T., Guaita, L., Behrens, P. (2018). Microplastic pollution on caribbean beaches in the Lesser Antilles. *Mar. Pollut. Bull.* 133(1), 442-447.
15. Caballero, S. D., Dueñas Falla, O. A., y Rolón Rodríguez, B. M. (2019). El plástico y sus dos caras. *Convicciones*, 6(12), 49-52. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/convicciones/article/view/522>
16. Cabrera, D., (2018). Determinación de la presencia de microplásticos en playas de Tenerife. [Tesis de licenciatura, Universidad de la Laguna]. Repositorio Institucional ULL. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/8703>
17. Campoy P. y Beiras R. (2019). Revisión: Efectos ecológicos de macro-, meso- y microplásticos. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(11), 581. https://www.researchgate.net/publication/342317532_REVISION_Efectos_ecologicos_de_macro_meso_y_microplasticos

18. Carbery, M., O'connor, W., and Palanisami, T. (2018). Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environ. Int.* 115(1), 400-409.
19. Carpenter, E.J and Smith, K.L (1972). Plastics on the Sargasso Sea Surface. *Science*, 175(4027), 1240–1241. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.175.4027.1240>
20. Castañeta, G., Gutiérrez, A.F., Nacaratte, F. y Manzano, C.A. (2020). Microplásticos: Un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Revista Boliviana de Química*, 37(3), 160-175.
21. Clark, J., Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Blackford, J., Lewis, C., Lenton, T., and Galloway, T. (2016). Marine microplastic debris: a targeted plan for understanding and quantifying interactions with marine life. *Front. Ecol. Environ.* 14(6), 317-324.
22. Criollo, K. E. (2019). Determinación de la presencia de microplásticos en leche descremada. [Tesis de licenciatura, Universidad Central Del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18453>
23. Cruz, A. A. (2020). Evaluación de la calidad ambiental y su relación con la presencia de microplásticos en cinco playas mexicanas [tesis de maestría, Universidad Autónoma Metropolitana]. Repositorio Institucional UAM. <http://hdl.handle.net/11191/6843>
24. Cruz, A. A., Alvarez, J. C., Martínez, C., Enríquez, M. D., Gutiérrez, M. R., Vázquez, A., y Ojeda, S. (2020). Cuantificación y caracterización de microplásticos y residuos sólidos urbanos en playa Zipolite, Oaxaca. *Ciencia y Mar*, 24 (71), 3-21. http://cienciaymar.mx/Revista/index.php/cienciaymar/issue/view/73/ART71_1
25. De la Torre, G. E. (2019). Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(4), 27-37. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2647>
26. Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D. S., Schlacher, T. A., Dugan, J., Jones, A. and Scapini, F. (2009). Threats to sandy beach ecosystems: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2008.09.022>

27. Díaz, J. M. y Sarria, K. del C. (2019). Microplásticos en las costas del Pacífico de Nicaragua. *Revista Compromiso Social*, 1 (2), 51–60. <https://revistacompromisosocial.unan.edu.ni/index.php/CompromisoSocial/article/view/45/125>
28. Domínguez, E., Metternicht, G., Johnston, E. L., y Hedge, L. (2018). Exploring the social dimension of sandy beaches through predictive modelling. *Journal of Environmental Management*, 214, 379–407. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2018.03.006>
29. Elías, R. (2015). Mar del plástico: Una revisión del plástico en el mar. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, 27, 83-105. <http://hdl.handle.net/1834/10964>
30. Ferreira, G., Barletta, M., Lima, A., Morley, S., Justino, A., and Costa, M. (2018). High intake rates of microplastics in a Western Atlantic predatory fish, and insights of a direct fishery effect. *Environ. Pollut.* 236(1), 706-717.
31. García, L.M. (2019). Plásticos en los océanos [infografía]. https://foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_19-034.pdf
32. Godoy, V. (2021). Origen, caracterización e impacto de los microplásticos presentes en el medioambiente. Aplicación a la provincia de Granada (España) [Tesis de Doctorado, Universidad de Granada] Repositorio Institucional UGR <http://hdl.handle.net/10481/69067>
33. González M. y Monreal R. (2019). Senado de la República. [http://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/64/1/2019-04-101/assets/documentos/Inic MORENA residuos.pdf](http://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/64/1/2019-04-101/assets/documentos/Inic_MORENA_residuos.pdf)
34. Guitierrez, S. R. (2002). Los aditivos en los materiales plásticos. *Informador Técnico*, 65, 32-36. <https://doi.org/10.23850/22565035.897>
35. Huera, D. F., Barragán, J., Sánchez, M, A., Torres, N., y García, R. (2021). *Panorama general de las tecnologías del reciclaje de plásticos en México y en el mundo*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/608513/89_2020_Documento_Plastico.pdf
36. Iannacone, J., Huyhua, A., Alviño, L. Valencia, F., Principe, F., Minaya, D., Ortega, J., Argota, G. y Castañeda, L. Microplásticos en la zona de marea alta y supralitoral

- de una playa arenosa del litoral costero del Perú. *The Biologist* (Lima), 1(2), 335-346. <http://dx.doi.org/10.24039/rtb2019172369>
37. Iñiguez, M.E. (2019). Estudio de la contaminación marina por plásticos y evaluación de contaminantes derivados de su tratamiento. [tesis doctoral, Universidad de Alicante]. Repositorio Institucional UA. <http://hdl.handle.net/10045/92547>
38. Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., and Law, K.L., (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347, 768-771.
39. Katsanevakis, S. (2008). Marine debris, a growing problem: Sources, distribution, composition, and impacts. *Marine Pollution: New Research*. Hofer, T.N. (Ed.). *Nova Science Publishers*, New York., 53-100.
40. Kline, J. D., y Swallow, S. K. (1998). The demand for local access to coastal recreation in southern New England. *Coastal Management*, 26(3), 177–190. <https://doi.org/10.1080/08920759809362351>
41. Kühn, S., and van Franeker, J. A. (2020). Quantitative overview of marine debris ingested by marine megafauna. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110858>
42. Laglbauer, B.J.L., Franco, R.M., Andreu, M., Brunelli, L., Papadatou, M., Palatinus, A., Grego, M. and Deprez, T. (2014). Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia. *Marine Pollution Bulletin*, 89(1-2), 356-366. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.036>
43. Lamb, J., Willis, B., Fiorenza, E., Couch, C., Howard, R., Rader, D., True, J., Kelly, L., Ahmad, A., and Jompa, J., Drew, C. (2018). Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*. 359(6374), 460-462.
44. Leslie, H.A. (2014). Review of microplastics in cosmetics: Scientific background on a potential source of plastic particulate marine litter to support decision-making. IVM Institute for Environmental Studies.
45. Li, W.C., Tse, H.F., and Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the Total Environment* 566(567), 333-349. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084>

46. López, G. (2012). Ventajas y desventajas de los plásticos degradables para su aplicación en la agricultura sustentable o ecológica [tesis de especialidad, Centro de Investigación en Química Aplicada]. Repositorio Institucional CIQA. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/371>
47. López, M, H. (2020). Contaminación plástica en las playas de Yucatán y percepción de los usuarios. [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio Institucional IPN. <https://www.mda.cinvestav.mx/FTP/EcologiaHumana/maestria/tesis/18TesisLopezM20.pdf>
48. Lots, F. A. E., Behrens, P., Vijver, M., Horton, A.A. and Bosker, T. (2017) A large-scale investigation of microplastic contamination: Abundance and characteristics of microplastics in European beach sediment. *Marine Pollution Bulletin*, 123(1–2), 219–226. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.057>
49. Lusher, A. Hollman, P., Mendoza-Hill, J. (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture: Status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/i7677en/i7677en.pdf>
50. Marti, E., Martin, C., Galli, M., Echevarría, F., Duarte, C. M., and Cozar, A. (2020). The colours of the ocean plastics. *Environmental Science & Technology*. 54 (11), 6594-6601 doi: 10.1021/acs.est.9b06400
51. Martinez, E., Maamaatuaiahutapu, K., Taillandier, V. (2009). Floating marine debris surface drift: convergence and accumulation toward the South Pacific subtropical gyre. *Mar. Pollut. Bull.* 58(9), 1347-1355.
52. Mizraji, R., Ahrendt, C., Perez Venegas, D., Vargas, J., Pulgar, J., Aldana, M., Ojeda, F., Duarte, C., Galbán Malagón, C. (2017). Is the feeding type related with the content of microplastics in intertidal fish gut? *Mar. Pollut. Bull.* 116(1-2), 498-500.
53. Moos, N., Burkhardt, P. and Köhler, A. (2012). Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental Science & Technology*, 46, 11327–11335.
54. Moreira, F. T., Prantoni, A.L., and Martini, B. (2016). Small-scale temporal and spatial variability in the abundance of plastic pellets on sandy beaches:

- Methodological considerations for estimating the input of microplastics. *Marine Pollution Bulletin*, 102(1), 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.051>
55. Muriel, G. (2020). Detección y monitoreo de microplásticos en sedimentos costeros de marismas de la costa norte del estuario de bahía blanca. [tesis de maestría, Universidad Tecnológica Nacional]. Repositorio Institucional UTN. <http://hdl.handle.net/20.500.12272/4633>
56. Nadal, M., Alomar, C. and Deudero, S. (2016). High levels of microplastic ingestion by the semipelagic fish bogues Boops (L.) around the Balearic Islands. *Environ. Pollut.* 214(1), 517-523.
57. Nelms, S., Galloway, T., Godley, B., Jarvis, D., and Lindeque, P. (2018). Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environ. Pollut.* 238(1), 999-1007.
58. Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. and Pereira T. (2015). Ingestion of microplastics by commercial fish off the portuguese coast. *Mar. Pollut. Bull.* 101(1), 119-126.
59. Olaya, M.G. (2020). Evaluación de la distribución de macroplásticos y microplásticos mediante sistema de monitoreo en la playa cauchiche ubicada en la Isla Puná [tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional UAGRARIA. https://cia.uagraria.edu.ec/cia_inv_view.php?id=33507&option=view
60. Pinto, J., Duarte, A., Rocha Santos, T. (2017). Microplastics-occurrence, fate and behaviour in the environment. In: ROCHA-SANTOS T, DUARTE A. (Eds.). Characterization and analysis of microplastics (Vol. 75). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 1-24.
61. Piñon, T. de J., Rodriguez, R., Pastrana, M.A., Rogel, E. and Wakida, F.T. (2018). Microplastics on sandy beaches of the Baja California Peninsula, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 131, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.03.055>
62. PlasticsEurope. (2021). Plásticos-Situación en 2020. Un análisis de los datos sobre producción, demanda y residuos de plásticos en Europa. Plastics Europe y Asociación Europea de Organizaciones de Reciclaje y Recuperación de Plásticos. www.plasticseurope.org

63. Porter, A., Lyons, B., Galloway, T., Lewis, C. (2018). Role of marine snows in microplastic fate and bioavailability. *Environ. Sci. Technol.* 52(12):7111-7119.
64. Retama, I., Jonathan, M. P., Shruti, V. C., Velumani, S., Sarkar, S. K., Roy, P. D., and Rodríguez, P. F. (2016). Microplastics in tourist beaches of Huatulco Bay, Pacific coast of southern Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1-2), 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.053>
65. Rivas, M. y Garelli, O. (2021, 10 de marzo). Impacto de la contaminación por plásticos en la biodiversidad y patrimonio biocultural de México. Fundación Heinrich Böll. <https://mx.boell.org/es/2021/03/10/impacto-de-la-contaminacion-por-plasticos-en-la-biodiversidad-y-patrimonio-biocultural>
66. Rojo, E y Montoto, T. (2017). Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. <http://hdl.handle.net/10553/56275>
67. Romeo, T., B. Pietro, C. Pedà, P. Consoli, F. Andaloro and M. C. Fossi. (2015). First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*, 95 (1), 358-361.
68. Rosado, V.L., Mendoza, N., Vázquez, A., Álvarez, J. C., Beltrán, M., y Ojeda, S. (2018). Caracterización de microplásticos y muestreo de residuos sólidos urbanos de la playa de Tuxpan, Veracruz. *Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos*, 11(1). 64-72. <https://www.researchgate.net/publication/329454095> Caracterizacion de microplasticos y muestreo de residuos solidos urbanos de la playa de Tuxpan Veracruz
69. Sánchez, J.E. (2018). Plásticos y microplásticos en agua, un problema mundial que afecta nuestros sistemas acuáticos. *Revista Ingeniería y Región*, 19. <https://doi.org/10.25054/22161325.2027>
70. Sarria, R.A. y Gallo, J.A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8(1), 21-27.
71. Setälä, O., Norkko, J. and Lehtiniemi, M. (2016). Feeding type affects microplastic ingestion in a coastal invertebrate community. *Mar. Pollut. Bull.* 102(1):95-101.

72. Song, Y., Hong, S., Jang, M., Han, G., Jung, S., Shim, W. (2017). Combined effects of UV exposure duration and mechanical abrasion on microplastic fragmentation by polymer type. *Environ. Sci. Technol.* 51(8), 4368-4376.
73. Song, Y., Hong, S., Jang, M., Han, G., Rani, M., Lee, J. and Shim, W. (2015). A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Mar. Pollut. Bull.* 93(1-2), 202-209.
74. Suciú, M. C., Tavares, D. C., Costa, L. L., Silva, M. C. L., y Zalmon, I. R. (2017). Evaluation of environmental quality of sandy beaches in southeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 119(2), 133–142. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.04.045>
75. Thiel, M., Hinojosa, I.A., Miranda, L., Pantoja, J.F., Rivadeneira, M.M. and Vásquez, N. (2013). Anthropogenic marine debris in the coastal environment: A multi-year comparison between coastal waters and local shores. *Marine Pollution Bulletin*, 71(1–2), 307–316. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.005>.
76. Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G., McGonigle, D. and Russell, A.E. (2004), “Lost at sea: where is all the plastic?”, *Science*, 304(5672),838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>
77. Toledo, A. (2019). Revisión bibliográfica de los métodos de análisis de micro (nano) plásticos en el medioambiente y en la biota marina. [tesis de maestría, Universidad nacional de educación a distancia]. Repositorio Institucional UNED. <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Matoledo/Toledo Martinez Maria Angeles TFM.pdf>
78. Torrez, K.A., Cervantes, O., Reyes, J. y Olivos, A. (2021). Clasificación de Microplásticos en playas urbanas, suburbanas, rurales y naturales de Colima y Jalisco, México. *Revista Costas*, 3(1), 207-230. <https://doi.org/10.25267/Costas>
79. Vázquez, A. Sotelo, P.X., Espinosa, R.M., Velasco, M., Quecholac, X., Beltrán, M. y Álvarez. J.C. (2019). *Degradación & biodegradación de plásticos. Resumen ejecutivo 2018*. Asociación Nacional de la Industria Química, A.C. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21504.48642>
80. Vázquez, A., Cruz, A.A., Álvarez, J.C., Rosado, V.L., Beltrán, M., Sánchez, M., Espinosa, R. M. y Velasco, M. (2020, febrero). Manual para el monitoreo de

- microplásticos en playas de arena. Universidad Autónoma Metropolitana.
https://www.researchgate.net/profile/Alethia-Vazquez/publication/343322519_Monitoreo_de_microplasticos_en_playas/links/5f23027592851cd302c91997/Monitoreo-de-microplasticos-en-playas.pdf
81. Vázquez, G. A. (2019). Los microplásticos textiles (o la increíble historia de cómo tu suéter termina en el salero). *Revista ciencia*, 70 (1), 58-63.
<https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/vol-70-numero1>
 82. Vergara, G. (2015). Propuesta para el manejo de los residuos sólidos en las playas de Nautla, Veracruz para conservar los sitios de anidación de las tortugas marinas. [Trabajo Recepcional, Universidad Veracruzana]. Repositorio Institucional UV.
<https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/42325>
 83. Verschoor, A., De Poorter, L., Dröge, R., Kuenen, J. and De Valk, E. (2016). Emission of microplastics and potential mitigation measures. Abrasive cleaning agents, paints and tyre wear. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0026.pdf>
 84. Wessel, C. C., Lockridge, G. R., Battiste, D., and 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(1), 178–183. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.002>
 85. Worm, B., Lotze, H., Jubinville, I., Wilcox, C., Jambeck, J. (2017). Plastic as a persistent marine pollutant. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 42(1), 1-26.
 86. Wright, S., Kelly, F. (2017). Plastic and human health: A micro issue? *Environ. Sci. Technol.* 51(12), 6634-6647.
 87. Wright, S., Thompson, R., and Galloway, T. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environ. Pollut.* 178(4), 483-492.
 88. Yang, Y.Y., Rodriguez, I., McGuire M., and Toor, G. (2015). Contaminants in the urban environment: Microplastics. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/SS/SS64900.pdf>
 89. Zarate, M., e Iannacone, J. (2021). Microplásticos en tres playas arenosas de la costa central del Perú. *Rev. Salud ambient.* 21(2), 123-131.
<https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1079/999>

90. Zhang, C., Chen, X., Wang, J., and Tan, L. (2017). Toxic effects of microplastic on marine microalgae *Skeletonema costatum*: Interactions between microplastic and algae. *Environmental Pollution*, 220, 1282–1288. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.005>