



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



VI CONGRESO
Nacional de Investigación en
Ciencia e Innovación de
Tecnologías Productivas

DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN PLAYA EL MAVIRI, LOS MOCHIS, SINALOA.

Jesús Manuel Díaz Gaxiola¹; Diana Patricia Romero Luna¹

¹Instituto Tecnológico de Los Mochis, Sinaloa. jesus.dg@mochis.tecnm.mx

Academia de Biología. Laboratorio de Ecología.

RESUMEN

Los microplásticos son los residuos con mayor proporción presentes en las playas, siendo estos uno de los tipos de residuos que mayor preocupación han generado en los últimos años, debido a los impactos negativos que causan en las especies marinas al ingerirlos y al medio ambiente por su capacidad para adsorber contaminantes químicos del agua, por ello se debe determinar su presencia en estos ecosistemas. El presente trabajo determinó la presencia de microplásticos en Playa El Maviri, ubicada en el municipio de Ahome en el estado de Sinaloa. Se realizaron tres muestreos en tres distintas fechas y tres distintos puntos, se colectaron y analizaron un total de 18 muestras de sedimento de la línea pleamar, identificando mediante pruebas de flotación e inspección visual un total de 583 microplásticos que fueron clasificados por forma y color. Los resultados nos revelan que los microplásticos estuvieron presentes de una manera muy similar en los tres diferentes puntos de muestreo, ya que los microplásticos al ser el resultado de la degradación de los residuos plásticos de mayor tamaño, los cuales sufren fragmentación al estar sometidos a factores abióticos, como la luz del sol, el viento, la humedad o la temperatura, estos pueden llegar a todos los puntos de la playa.

INTRODUCCIÓN

El tema de microplásticos es un problema emergente cuya presencia aumenta de forma exponencial en los ecosistemas marinos costeros, a parte de su mera presencia en la naturaleza, su puesta en contacto con los distintos seres vivos provoca efectos negativos que pueden llegar a ser irreversibles. Actualmente el tema de microplásticos es una preocupación por el incremento debido a su alta demanda en todo el mundo, la cual esto proviene del uso excesivo de productos de corta vida, que generan pequeñas partículas de tamaño menor o igual a 5 mm; por lo que, estos residuos son de larga vida y permanecen durante décadas en el ambiente dentro de ellos las playas de arena, la cual funcionan como vectores de contaminación a través de su descomposición que interfieren en la contaminación de suelos y seres vivos (Cabrera, 2018).

Los Microplásticos son un importante problema medioambiental moderno con dimensiones internacionales, que también puede convertirse en un potencial problema de salud pública y una grave amenaza latente para la ecología



marina (Cabrera, 2018). El presente trabajo de residencia profesional, pretende determinar la presencia de microplásticos en Playa El Maviri ubicada en el municipio de Ahome en el estado de Sinaloa, ya que las personas que visitan esta playa no siempre son conscientes de la contaminación por residuos sólidos y microplásticos, por lo que tienden a subestimar esta situación. Y gracias a los resultados obtenidos en el presente estudio, crear y reforzar la conciencia social hacia esta problemática.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Determinar la presencia de microplásticos en la Playa El Maviri en los Mochis, Sinaloa

Objetivos específicos

- Cuantificar y caracterizar los microplásticos presentes en la Playa El Maviri
- Comparar las concentraciones de microplásticos en distintas zonas de la playa.

MARCO TEÓRICO

Los 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 continúa 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 periodo 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 años. Además, estos plásticos se van fragmentando y convirtiéndose en piezas cada vez más pequeñas, llegando incluso a ser micropartículas de plástico (Arthur et al., 2009 y Iñiguez, 2019). Según la Organización de las Naciones



Unidas [ONU] (2018) los plásticos son el conjunto de sustancias que se encuentran conformadas por macromoléculas y que poseen propiedades similares a las resinas de origen natural; generalmente, fabricados a partir de la síntesis o condensación de diferentes reacciones. Por su lado, Según Infinita Researchers (2021) señala que, este material es uno de los más económicos, duraderos y sencillos de moldear, el cual puede ser mejorado y optimizado durante su proceso de elaboración por medio de diversas prácticas.

Los microplásticos

Los microplásticos son pequeñas partículas y fibras de plástico. No existen estándares establecidos para determinar el tamaño máximo de una partícula, pero se considera generalmente que el diámetro de la partícula es inferior a 5 milímetros. Esta clasificación abarca las nanopartículas que constituyen fragmentos de menos de 100 nanómetros. Esas partículas se clasifican en gran medida con base a sus características morfológicas: tamaño, forma y color. Según Grover y Fallón (2020) los microplásticos (MPs) se encuentran en diversas formas en el medio ambiente tales como: esferas, cuentas, pellets, espuma, fibras, fragmentos, y escamas. Estas formas dependen de la forma original de los plásticos primarios, su proceso de degradación y las condiciones de erosión a las que fueron expuestos. No obstante, su división principal se la enfoca en dos grandes grupos.

Fragmentos: Son partículas sintéticas que miden hasta 5 milímetros, son el tipo de microplástico más común en los ecosistemas marinos (Cisneros et al., 2021). Fibras: Tienen forma de hilos alargados, con un ancho de 30 micrones y una longitud de 200 veces mayor. Proviene del desgaste de las fibras sintéticas como el poliéster o el nailon (Vázquez, 2019). Pellets: Tiene forma de esfera con un tamaño menor a 5 milímetros. Estos se pierden en las etapas de fabricación y distribución del plástico (Planeta, 2022). Espumas: Son de lenta degradación y los productos químicos que los derivan pueden llegar a ser nocivos para el medio ambiente (Castañeta et al., 2020). Películas: Son transparentes y se utilizan para conservar alimentos. No se pueden reciclar y desprenden sustancias tóxicas para los animales y las personas (Alcalde, 2019).

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). Estos contaminantes han sido reportados en las aguas oceánicas y playas alrededor del mundo (Barnes, 2002), generando un grave problema ambiental, debido en parte, a que en el ambiente acuático marino la degradación química y erosión mecánica son mínimas, factores que contribuyen a su persistencia. Es por ello que estos materiales pueden interactuar con una gran variedad de organismos; por otra



parte, si se depositan por acción de las corrientes oceánicas y/u otros factores climáticos sobre las playas, estos quedan expuestos a procesos degradativos de mayor intensidad como la radiación ultravioleta, temperaturas altas, abrasión y otros procesos físicos que incrementan su fragmentación.

Fuentes de microplásticos primarios. En el ambiente marino, generalmente, estas se encuentran relacionadas con descargas y manejo inadecuado de aguas residuales por parte de la industria plástica. Los derrames suelen ser accidentales o producidos por prácticas de manejo insuficientes, durante las diferentes etapas de procesamiento y en especial las de transporte marítimo, diversos fenómenos meteorológicos como la lluvia y los vientos, permitiendo, que estos puedan ser diseminados a otros lugares, depositándose finalmente en las playas.

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

Impacto de los microplásticos en el medio marino

La transferencia de microplásticos a la biota es un fenómeno conocido. En organismos como los moluscos, estos contaminantes pueden pasar al sistema circulatorio, en donde inducen un incremento en la respuesta inmune a nivel molecular, siendo por tanto posible suponer, que organismos filtradores en la base de la cadena alimenticia son por lo general, los primeros en ser afectados (Moore, 2008). Investigaciones realizadas con mamíferos marinos muestran también que partículas plásticas son transferidas a lo largo de la cadena alimenticia al ingerir peces contaminados con plásticos y posteriormente pueden trasladarse a otros predadores, incluyendo a los humanos (Acosta, 2014)

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)



Ingesta por la biota marina. La ingestión directa de microplásticos por parte de los organismos marinos ha sido ampliamente documentada. 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 (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, 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 (López y Fermín 2019).

Existen evidencias de la preferencia de algunas especies por ingerir partículas de un color específico. Los microplásticos de color azul poseen una mayor amenaza para la fauna marina, las aves marinas, ingieren estos plásticos confundidos 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, reduciendo las tasas de crecimiento y reproducción debido a la disminución en la ingesta de nutrientes (López y Fermín 2019).

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. 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. 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).

Impacto ambiental generado por microplásticos. La ONU declaró en 2017 que existen hasta 51.000 millones de partículas microplásticas en el mar, además de que la presencia de estas partículas acumuladas a lo largo del tiempo, por lo tanto, la contaminación por plásticos en el océano está aumentando. La presencia de este material en los ecosistemas acuáticos presenta un problema para el medio ambiente y para los seres humanos. Según Sánchez Ramírez (2018), en su artículo menciona que los microplásticos encontrados en el mar pueden ser ingeridos por animales marinos. El plástico se acumula en su cuerpo y puede terminar en los humanos a través de la cadena alimenticia.

Además, se ha demostrado en algunos experimentos que los microplásticos causan daños a la fauna acuática, y como lo describe De La Torre (2019) se encontraron cantidades de este compuesto, dentro del tejido de una gran variedad de especies como peces, bivalvos, tortugas y aves marinas, focas, percebes entre otros. En el mismo artículo se mencionan algunos problemas derivados de la ingesta de Microplástico, que en los peces pueden provocar mala nutrición, inanición" (De-La-Torre, 2019) y en otras especies, posibles obstrucciones intestinales que merman sus ganas de comer, lo cual recorta su crecimiento y rendimiento reproductivo". Con el estómago lleno de plástico, algunas especies dejan de alimentarse y mueren.

También de los microplásticos se le suma un impacto químico al medio, debido a que los contaminantes que son arrastrados desde la tierra al mar -como policlorobifenilos (PCB), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y metales pesados- tienden a adherirse a su superficie (Royte, 2018). Los estudios realizados en animales han demostrado que los HAs pueden causar efectos dañinos en la piel, los fluidos corporales y el sistema que utiliza el cuerpo para combatir las enfermedades después de exposiciones tanto a corto como a largo plazo. Estos efectos



no se han observado en los seres humanos (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016), pero no se puede descartar completamente un posible efecto negativo en la salud.

Los microplásticos y su efecto en los seres humanos. Los microplásticos pueden ingresar al cuerpo humano en dos vías principales: en el aire a través de los conductos nasales y la ingestión de microplásticos a través del consumo de alimentos y agua (Los microplásticos están presentes en agua, aire, suelo y alimentos, 2019). En 2018, un estudio de la Universidad Médica de Viena y de La Agencia de Medio Ambiente de Austria analizó las heces muestras de participantes de Finlandia, Italia, Japón, los Países Bajos, Polonia, Rusia, el Reino Unido y Austria. Los participantes se sometieron a una dieta durante una semana; ingirieron alimentos y bebidas envasados en plástico PET y la mayoría de ellos consumieron pescado y mariscos. Cada muestra dio positivo a la presencia de microplásticos y hasta de nueve tipos diferentes de resinas plásticas detectados. En promedio, los investigadores encontraron 20 partículas microplásticos por 10g de heces (Agencia Latina de Noticias de Medicina y Salud Publica, 2018). Lo que demuestra que los seres humanos están consumiendo microplásticos, aunque el origen específico de este elemento es indeterminado ya que no se puede demostrar a ciencia cierta si se debe al consumo de pescados y mariscos, o a las partículas provenientes de los envases de alimentos y agua.

Debido a la conclusión del estudio mencionado anteriormente, se debe analizar la composición de los microplásticos para evaluar posibles efectos adversos en los seres humanos. Los microplásticos contienen un promedio del 4% de aditivos, pero esto puede variar dependiendo del tipo plástico. Las investigaciones existentes muestran que los aditivos plásticos como los ftalatos, BPA y algunos retardadores de llama, son disruptores endocrinos y carcinógenos. También muestra que el plástico puede acumular metales pesados y adsorber contaminantes tóxicos, como los hidrocarburos aromáticos policíclicos y pesticidas organoclorados del agua circundante (CIEL, 2019). Los riesgos para la salud que podrían ocasionar las partículas de microplásticos, son inflamación (relacionada con cáncer, enfermedad cardíaca, enfermedad inflamatoria intestinal, artritis reumatoide y más), genotoxicidad (daño a la información genética dentro de una célula que causa mutaciones, que pueden provocar cáncer), estrés oxidativo (que conduce a muchas enfermedades crónicas como como aterosclerosis, cáncer, diabetes, artritis reumatoide, lesión por perfusión isquémica, miocardio infarto, enfermedades cardiovasculares, inflamación crónica, accidente cerebrovascular), apoptosis (muerte celular asociada con una amplia variedad de enfermedades, incluido el cáncer), y necrosis (muerte celular asociada con el cáncer, enfermedades autoinmunes y neurodegeneración). Con el tiempo, estos efectos también pueden provocar daño, fibrosis y cáncer. Si bien estos efectos sobre la salud no están del todo confirmados se anticipa que la exposición crónica a estos elementos genere una preocupación mayor, debido al efecto acumulativo, además de la dosis de exposición. Actualmente no se encuentra de una base sólida de pruebas de los niveles de exposición (CIEL, 2019)



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 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).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la playa El Maviri (Figura 1) ubicada en el municipio de Ahome, localizada en la zona norte de Sinaloa, México, entre la Bahía de Topolobampo y el Mar de Cortés. El Maviri es una playa plana. En donde se desarrollan actividades recreativas, deportivas, paseos en lancha, entre otras actividades turísticas y acuáticas, existen restaurantes. Presenta poca vegetación costera.



Figura 1. Ubicación geográfica de la Playa El Maviri en Los Mochis, Ahome, Sinaloa
Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-091910490900-102,
ISSN: En trámite. Año 1, No. 2, Abril 2024- Julio 2024



Colecta de muestras

El muestreo de microplásticos consistió en una modificación de la propuesta metodológica de Vázquez et al. (2020). Las muestras de sedimento se colectaron en tres distintas fechas, en tres distintos puntos de la playa (Figura 2), el primer muestreo se realizó el 14 de marzo de 2023, el segundo muestreo se llevó a cabo el 14 de abril de 2023 y el tercero se realizó el 12 de mayo de 2023. En un transecto de 100m sobre la línea pleamar se seleccionaron los tres puntos y se registraron las coordenadas empleando la aplicación “Google Maps” para dispositivos móviles.

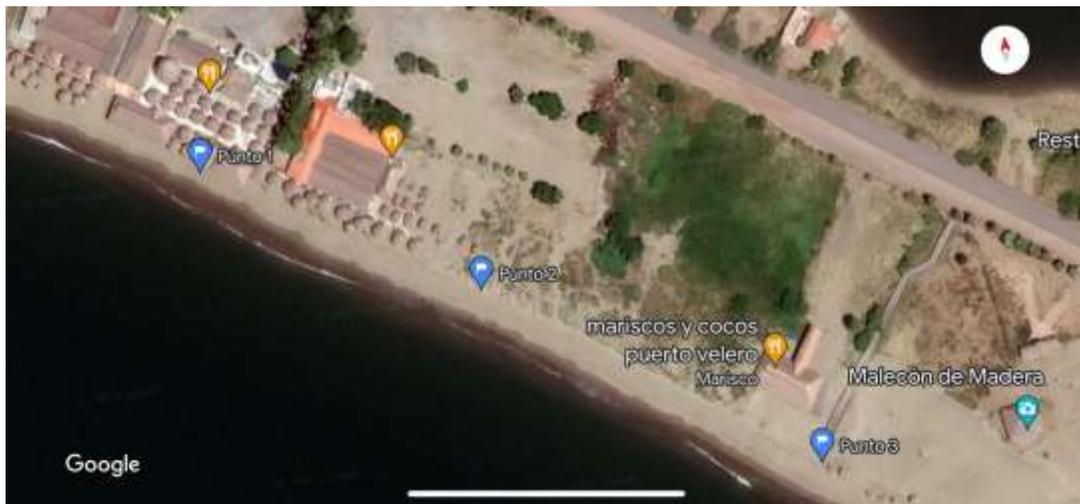


Figura 2. Ubicación geográfica de las tres distintas estaciones muestreadas en Playa El Maviri

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las distintas estaciones de muestreo

Estación	Latitud	Longitud
Estación 1	25° .34'42.0" N	109°06'56.0" W
Estación 2	25°34'40.5" N	109°06'52.9" W
Estación 3	25°34'38.2" N	109°06'49.3" W

En cada estación se colocó un cuadrante de 1 m x 1 m y con la ayuda de una pala metálica de jardín se tomó la arena de la parte central hasta una profundidad de 10 cm. Las muestras fueron puestas en bolsas con cierre rotuladas con el número y punto de muestreo.

Análisis en el laboratorio. El trabajo de laboratorio tuvo como finalidad extraer los microplásticos presentes en las muestras de arena, para su posterior cuantificación y clasificación, se realizó en cuatro etapas; secado de las muestras, separación de microplásticos, cuantificación y clasificación (Figura 3). De las muestras de arena se Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-091910490900-102, ISSN: En trámite. Año 1, No. 2, Abril 2024- Julio 2024



pesaron 100 gr y se colocaron en cajas Petri de vidrio y se sometieron a un proceso de secado en estufa durante 24 horas a una temperatura de 105°C para eliminar la humedad.

La separación de microplásticos se realizó a través de pruebas de flotación, donde se preparó una disolución salina saturada en donde se pesaron 359 gr de NaCl grado alimenticio de cocina en una balanza granataria y se disolvieron en 2 litros de agua potable. La mezcla se agitó durante un tiempo aproximado de 2 horas en un agitador magnético marca Vortex. Posteriormente, para eliminar las impurezas sólidas, se filtró mediante papel filtro de poro fino. De cada muestra de arena seca se pesaron 50 gr en una balanza analítica, cada porción se agregó a un vaso de precipitado donde se le añadieron 200 ml de la solución salina saturada y se mantuvo en agitación durante 3 minutos en el agitador magnético marca Vortex. Transcurrido el tiempo se dejó reposar la muestra durante 48 horas para separar los microplásticos de las partículas de arena que se encontraban suspendidas.

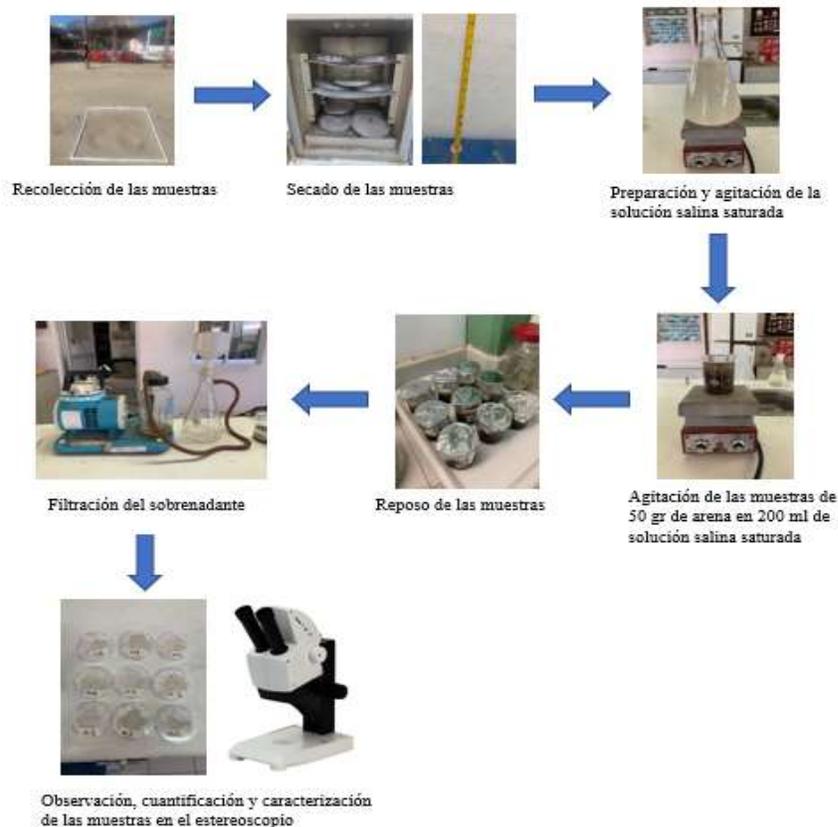


Figura 3.- Esquema de trabajo en campo y laboratorio.

Una vez transcurrido el tiempo de asentamiento y las partículas de arena precipitaron, la muestra se filtró mediante papel filtro de poro fino a través de una bomba de vacío. Los filtros fueron colocados en cajas Petri para su recuento.



Este proceso de separación de microplásticos se repitió una vez más por muestra, esto con el fin de garantizar una mayor extracción de los mismos. Cada filtro se conservó por separado.

Cuantificación de microplásticos. Para la cuantificación de los microplásticos, cada filtro fue observado en el estereoscopio. Todas las partículas y fibras fueron observadas, contadas y fotografiadas para su posterior caracterización.

Caracterización de microplásticos. La caracterización de microplásticos se realizó con base a dos categorías: por color (roja, azul, negra, plata, rosa, verde, café, violeta) y por tipo (fibra, fragmento).

Análisis estadístico. Con el objetivo de evaluar las diferencias sobre la cantidad de microplásticos entre las diferentes estaciones de muestreo, los datos se pasaron a una tabla en PAST 4.11 en donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA y Kruskal Wallis) y Análisis clúster. También se realizaron dendrogramas de similitud.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de microplásticos

Clasificación por forma

Los tipos más comunes y predominantes de microplásticos recuperados fueron de tipo fibras y solo se observaron en dos estaciones fragmentos de textura irregular. Teniendo similitud con formas encontradas en estudios de otras playas mexicanas como Zipolite (Oaxaca), Coatzacoalcos (Veracruz), Las Brisas, Salagua (Colima) y Melaque, Careyitos (Jalisco) (Cruz et al., 2020, y Torrez et al., 2021), y en playas "Aventura", "El Arca" y "Azul" en el municipio de Tuxpan, Veracruz (Franco y Macías, 2022) en donde las más abundantes fueron las fibras.

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.

Clasificación por color

En total, se identificaron ocho colores en los microplásticos colectados, siendo el color dominante el azul, y los colores café y violeta los menos dominantes. Se registraron dos fragmentos de textura irregular los cuales fueron de color rojo. 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 Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-091910490900-102, ISSN: En trámite. Año 1, No. 2, Abril 2024- Julio 2024



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 reveló tendencias similares a los colores encontrados en 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 transparentes y verde. Algunas de las tonalidades encontradas por el autor se reportan en el presente estudio, pero no son las predominantes, los colores que encontró el autor son transparente, blanco, verde, amarillo, azul, rosa, gris, rojo, negro, café, morado y beige.

Análisis estadístico

Con base a los análisis estadísticos aplicados se determinó que no hay una diferencia significativa en las diferentes estaciones de muestreo. Esto quiere decir que independientemente del punto de la playa, este no es un factor que condicione las concentraciones de los residuos presentes, ya que en los océanos, la radiación UV procedente de la luz solar es el principal agente que degrada el plástico. La acción del oleaje acelera este proceso y como resultado los fragmentos más grandes se van rompiendo en trozos más pequeños, generando microplásticos y esparciéndose a todos los puntos de la playa.

En cuanto al análisis estadístico por muestreo para los microplásticos, este indicó que las concentraciones de microplásticos de los tres muestreos fueron similares entre sí y no hubo diferencias estadísticas significativas entre una temporada u otra, ya que si una playa es visitada con la misma intensidad durante todo el año está no presentará diferencias en las concentraciones de residuos entre una temporada u otra (da Silva et al. 2018)

Muestra uno

Primer muestreo entre estaciones

En el primer muestreo entre las distintas estaciones se obtuvieron valores máximos de 20 para la estación No. 1, 14 para la estación No. 2 y 35 para la estación No. 3, una media de 4.875 para la estación No. 1, 3.625 para la estación No.2 y 10.25 para la estación No.3. El análisis de varianza arroja como resultado que no existe una diferencia significativa entre las medias de las muestras con un valor de $P=0.3249 > 0.05$.



Segundo muestreo entre estaciones

En el segundo muestreo entre estaciones se obtuvieron valores máximos de 22 para la estación No.1, 16 para la estación No.2 y 30 para la estación No.3, una media de 5 para la estación No.1, 3.375 para la estación No.2 y 6 para la estación No.3. El análisis de varianza muestra como resultado que no existe una diferencia significativa entre las medias de las muestras con un valor de $P=0.8043>0.05$.

Tercer muestreo entre estaciones

El tercer muestreo entre estaciones da máximos valores de 22 para la estación No.1, 25 para la estación No.2 y 21 para la estación No.3, con una media de 5.375 para la estación No.1, 6.5 para la estación No.2 y 21 para la estación No.3. El análisis de varianza arroja como resultado que no existe una diferencia significativa entre las medias de las muestras con un valor de $P=0.8031>0.05$.

Comparación de la estación No.1 en diferentes fechas

En la estación No.1 entre fechas da como resultados valores máximos de 20 para el M1, 22 para el M2 y 22 para el M3, una media de 4.875 para el M1, 5 para el M2 y 5.375 para el M3. El análisis de varianza arroja como resultado que no existe una diferencia significativa entre las medias de las muestras con un valor de $P=0.9897>0.05$.

Comparación de la estación No.2 en diferentes fechas

En la estación No.2 entre fechas da como resultados valores máximos de 14 para el M1, 16 para el M2 y 25 para el M3, una media de 3.625 para el M1, 3.375 para el M2 y 6.5 para el M3. El análisis de varianza arroja como resultado que no existe una diferencia significativa entre las medias de las muestras con un valor de $P=0.6143>0.05$.

Comparación de la estación No.3 en diferentes fechas

En la estación No.3 entre fechas da como resultados valores máximos de 35 para el M1, 30 para el M2 y 21 para el M3, una media de 10.25 para el M1, 6 para el M2 y 3.875 para el M3. El análisis de varianza arroja como resultado que no existe una diferencia significativa entre las medias de las muestras con un valor de $P=0.4753>0.05$.

En los distintos filtros observados a detalle se lograron distinguir 8 colores de microplásticos de tipo fibra, los colores observados fueron el rojo, negro, rosa, azul, verde (Figura 4), violeta, plata y café (Figura 5). También se pudo observar un fragmento de textura irregular de color rojo (Figura 5H).

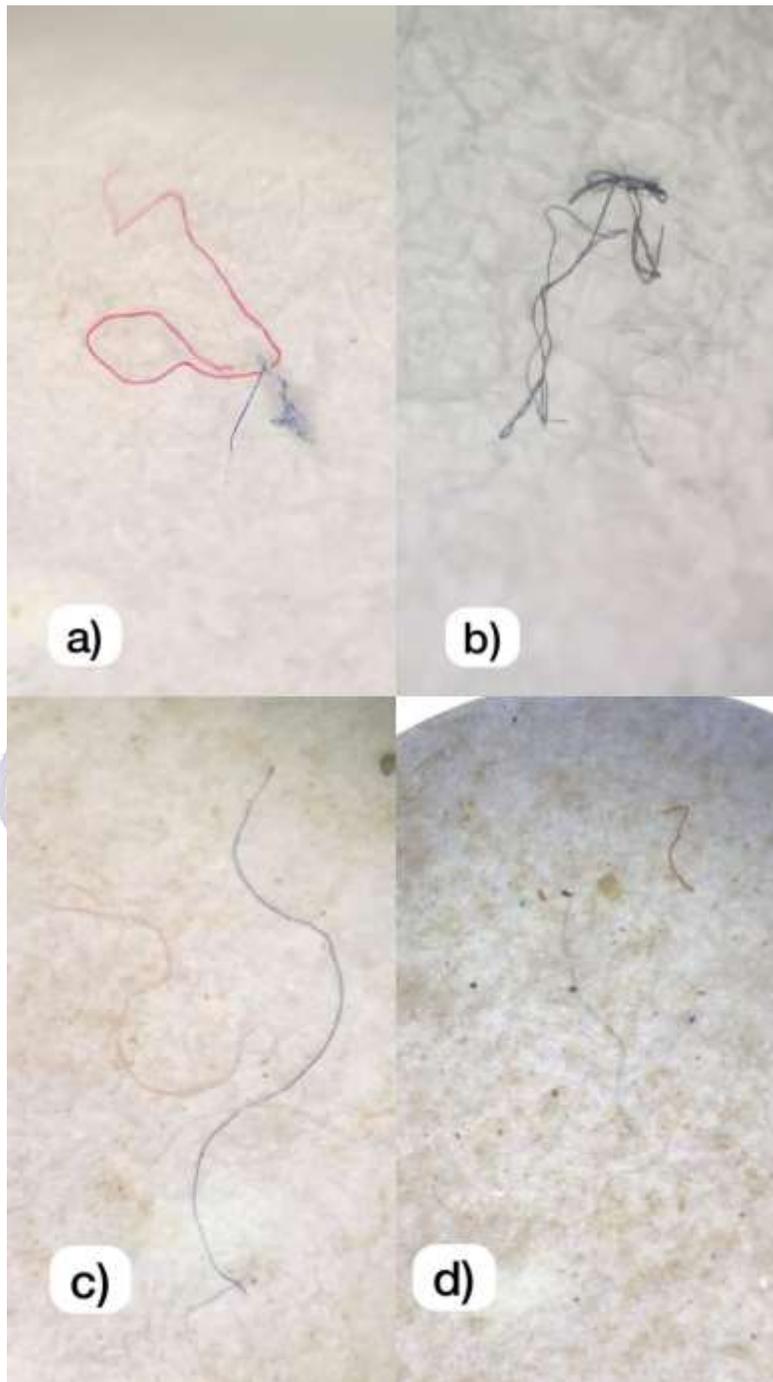


Figura 4. Ejemplo de microplásticos encontrados en filtros observados, a) fibra de color rojo y azul, b) fibra de color negro, c) fibra de color rosa y azul, d) fibra de color verde.

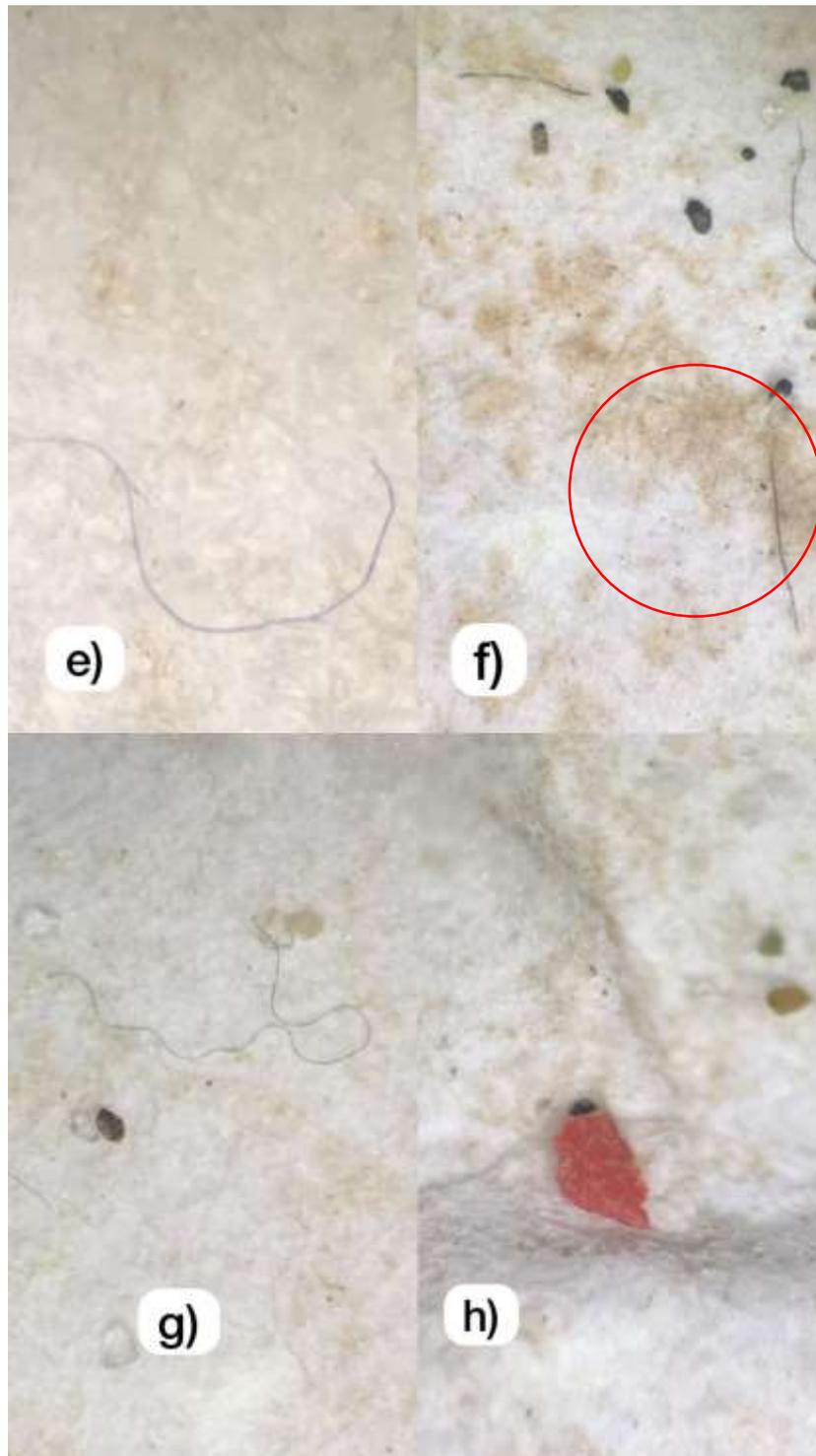


Figura 5. Ejemplo de microplásticos encontrados en filtros observados, e) fibra de color violeta, f) fibra de color plata, g) fibra de color café, h) fragmento de textura irregular color rojo.



Muestra dos (repetición)

Primer muestreo entre estaciones

El primer muestreo entre estaciones da valores máximos de 7 para la estación No.1, 17 para la estación No.2 y 12 para la estación No.3, con una media de 1.125 para la estación No.1, 3.75 para la estación No.2 y 2.625 para la estación No.3. El análisis de varianza arroja como resultado que no existe una diferencia significativa entre las medias de las muestras con un valor de $P=0.5337>0.05$.

Segundo muestreo entre estaciones

El segundo muestreo entre estaciones da valores máximos de 12 para la estación No.1, 15 para la estación No.2 y 14 para la estación No.3, con una media de 2.75 para la estación No.1, 3.125 para la estación No.2 y 3.25 para la estación No.3. El análisis de varianza arroja como resultado que no existe una diferencia significativa entre las medias de las muestras con un valor de $P=0.9789>0.05$.

Tercer muestreo entre estaciones

El tercer muestreo entre estaciones da valores máximos de 9 para la estación No.1, 14 para la estación No.2 y 8 para la estación No.3, con una media de 2.25 para la estación No.1, 3.125 para la estación No.2 y 1.75 para la estación No.3. El análisis de varianza arroja como resultado que no existe una diferencia significativa entre las medias de las muestras con un valor de $P=0.7789>0.05$.

Comparación de la estación No.1 en diferentes fechas

En la estación No.1 entre fechas da valores máximos de 7 para el M1, 12 para el M2 y 9 para el M3, con una media de 2.25 para el M1, 3.125 para el M.2 y 1.75 para el M3. El análisis de varianza arroja como resultado que no existe una diferencia significativa entre las medias de las muestras con un valor de $P=0.6492>0.05$.

Comparación de la estación No.2 en diferentes fechas

En la estación No.2 entre fechas da valores máximos de 17 para el M1, 15 para el M2 y 14 para el M3, con una media de 3.75 para el M1, 3.125 para el M.2 y 3.125 para el M3. El análisis de varianza arroja como resultado que no existe una diferencia significativa entre las medias de las muestras con un valor de $P=0.9684>0.05$.

Comparación de la estación No.3 en diferentes fechas



En la estación No.3 entre fechas da valores máximos de 12 para el M1, 14 para el M2 y 8 para el M3, con una media de 2.625 para el M1, 3.25 para el M.2 y 1.75 para el M3. El análisis de varianza arroja como resultado que no existe una diferencia significativa entre las medias de las muestras con un valor de $P=0.7692>0.05$.

Al comparar las concentraciones de microplásticos de este estudio con otros realizados a nivel nacional (Vazquez et al, 2021, Torres et al, 2021, Cruz-Salas et al, 2020, Franco y Macias, 2022) e internacional (Lima y Vázquez, 2021, Acosta, 2014, Yu et al. 2018) las reportadas en este trabajo fueron inferiores. No obstante, es importante recordar que en esta investigación las muestras se tomaron hasta 10 cm de profundidad. Además de reportar las unidades de concentración también es importante especificar la profundidad a la que se toma la muestra, ya que en estudios de muestreo de microplásticos en playas de arena a diferentes profundidades se encontró que generalmente si una muestra se toma a mayor profundidad la concentración de microplásticos por kilogramo de sedimento se diluye debido a que los microplásticos generalmente presentan mayor concentración en las capas superiores de sedimento (Yu et al. 2016, Besley et al. 2017).

En el estudio de Vazquez et al, (2021) el muestreo se realizó en un fin de semana los días 2 y 3 de septiembre de 2017, en donde el tipo de plástico con mayor abundancia fue el plástico rígido con un 80% para el día sábado y un 74% para el día domingo, en este estudio las fibras tuvieron un porcentaje de 9% el día sábado y 12% y el color más abundante fue el blanco, a diferencia del presente estudio en donde los microplásticos más abundantes fueron las fibras y el color dominante el azul. En el estudio nacional Franco y Macias, (2022) en donde 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. Lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Torres et al, (2021) en su estudio, permitió inferir que existe una mayor abundancia de microplástico secundario, fibra y fragmento, con color predominante en azul, gris y negro, por lo que los resultados obtenidos tienen similitud con el presente estudio realizado ya que en este trabajo las fibras fueron los microplásticos más abundantes y el color predominante también fue el azul.

Cruz-Salas et al, (2020) realizaron muestreos de macro residuos, fragmentos y microplásticos durante un fin de semana (sábado y domingo) en la misma zona de playa Zipolite para tres temporadas distintas (mayo 2018, octubre 2018 y abril 2019) con la finalidad de evaluar si había diferencias de las concentraciones. Los resultados de los análisis estadísticos que las concentraciones de microplásticos fueron similares entre si y no hubo una diferencia significativa entre una temporada y otra, en donde los microplásticos más abundantes fueron

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-091910490900-102,
ISSN: En trámite. Año 1, No. 2, Abril 2024- Julio 2024



los fragmentos y las fibras, siendo el color amarillo y el azul los mas frecuentes, este trabajo coincide con el presente trabajo de investigación en donde tampoco hubo una diferencia significativa en los diferentes muestreos.

En el estudio internacional “Análisis de la presencia de microplásticos en la arena de las playas de la costa sur del Perú” (Lima y Vázquez, 2021) en donde se evaluó la presencia en dos playas; playa Montecarlo y playa Pozo de Lissas, clasificaron a los microplásticos por color, tamaño y peso, en donde los colores mas abundantes respecto a la playa Montecarlo fueron. azul, naranja, blanco, verde y gris; así como respecto a la playa Pozo de Lisas, los colores azul, celeste, blanco, verde y rojo. Coincidiendo así con el presente trabajo de investigación ya que los colores mas abundantes son similares a los encontrados en este estudio.

En el estudio internacional “Caracterización de microplásticos primarios en el ambiente marino de una playa urbana en Cartagena de Indias” (Acosta, 2014,) los resultados obtenidos fueron que los microplásticos mas abundantes fueron los de tipo pellets de color blanco, seguidos por el color arena, con una proporción alta de los mismos, exhibiendo pocas señales de degradación, color gris, ambar, amarillo claro, pellets pigmentados y por último de color marrón. A diferencia del presente trabajo de investigación donde no se encontraron microplásticos de tipo pellets y los mas abundantes fueron fibras.

En el estudio internacional “Presencia de microplásticos en la arena de playa del mar interior Chino: el mar de Bohai” (Yu et al. 2018), Se identificaron y cuantificaron microplásticos en las muestras de playa del mar chino de Bohai. En donde las fibras fueron los microplásticos más abundantes, esto debido a la intensa actividad turística en el sitio estudiado, la playa de baño exhibió una mayor cantidad de microplásticos abundancia que la de la playa de no baño, como resultado de ambos factores geográficos y antropogénicos, las muestras superficiales demostraron una abundancia de microplásticos ligeramente mayor a las muestras de profundidad (de 20 cm). En similitud con el presente trabajo de investigación, las fibras fueron también los microplásticos más abundantes.

Todas las características de los microplásticos son importantes, ya que proporcionan información adicional. Por ejemplo, la forma puede incidir en los efectos adversos si la fauna marina los ingiere (Wright et al. 2013); se ha visto que los fragmentos rígidos puntiagudos pueden perforar los órganos y tejidos (Ory et al. 2017), no obstante, se considera que las fibras son las más dañinas (Wright et al. 2013), porque en los organismos marinos éstas se agrupan y se enredan ocasionando posteriormente problemas en la egestión (Cole et al. 2011). La forma también puede indicar la posible fuente del microplástico. Por ejemplo, las fibras pueden provenir de efluentes de aguas residuales que han sido descargados a las vías fluviales adyacentes y que generalmente contienen fibras sintéticas liberadas de algunas prendas de ropa en cada ciclo de lavado que por su tamaño pequeño no pueden ser retenidas en las plantas de tratamiento de aguas residuales

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-091910490900-102,
ISSN: En trámite. Año 1, No. 2, Abril 2024- Julio 2024



(De Falco et al. 2018). Adicionalmente, las fibras también pueden ser resultado de la fragmentación de redes de pesca, líneas y cuerdas abandonadas que comúnmente se encuentran en entornos cercanos a la costa (Abayomi et al. 2017), estos residuos en conjunto representan el 18.5% de todos los residuos marinos (Gall & Thompson 2015).

Por otro lado, el color y tamaño se relacionan con la probabilidad de ingesta de microplásticos por la fauna marina. En el color se ha estudiado que algunos peces comerciales confunden a sus presas con microplásticos blanco, marrón y amarillo y por lo tanto tienden a alimentarse de estos frecuentemente (Shaw & Day 1994). En el segundo caso, mientras más pequeño sea el microplástico aumenta su biodisponibilidad para ser ingeridos por una amplia gama de organismos (Wright et al. 2013) los cuales tienen una selectividad limitada entre las partículas y generalmente capturan cualquier cosa (Moore 2008).

CONCLUSIONES

Se determinó la presencia de microplásticos en Playa el Maviri, en el municipio de Ahome en el estado de Sinaloa, gracias al uso de las técnicas de flotación y de identificación visual, encontrando una abundancia alta de microplásticos de tipo fibra, con los colores predominantes, azul y el negro.

La investigación permitió identificar la abundancia de microplásticos durante las tres distintas fechas establecidas, que si bien no hubo una diferencia significativa, esto nos permite concluir que esta playa es un sitio que es constantemente concurrido y es visitada intensamente durante todas las temporadas, por otro lado, la confirmación de la presencia de microplástico en todas las estaciones de la playa durante este espacio temporal, constituye una importante contribución a la comprensión del alcance de la dispersión que tienen los desechos plásticos en el ambiente costero-marino.

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.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acosta, I. (2014). CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRIMARIOS EN EL AMBIENTE MARINO DE UNA PLAYA URBANA EN CARTAGENA DE INDIAS. Disponible en: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/4191/TESISENTREGADAFINAL.pdf?sequence=1> (Accedido 12 de junio 2023)



- 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. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104633> (Accedido 11 de junio 2023)
- 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. Disponible en: <https://fit.uss.cl/proyectos/proyecto-8/> (Accedido 11 de junio 2023)
- 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. Disponible en: https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/TM_NOSORR_30.pdf (Accedido 7 de junio 2023)
- 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. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2017.02.013> (Accedido 11 de junio 2023)
- 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. Disponible en: <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205> (Accedido 5 de junio 2023)
- 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. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.007> (Accedido 11 de junio 2023)
- Borges-Ramírez, M. Mendoza-Franco, E., Escalona-Segura, G. y Rendón-vonOsten, J. (2020). Plastic density as a key factor in the presence of microplastic in the gastrointestinal tract of commercial fishes from Campeche Bay, Mexico. Environmental Pollution. 267 (115659). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115659> (Accedido 12 de junio 2023)
- Cabrera, D. (2018). Determinación de la presencia de microplásticos en las playas de Tenerife. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/8703/Determinacion%20de%20la%20presencia%20de%20microplasticos%20en%20las%20playas%20de%20Tenerife.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Accedido 30 de mayo 2023)



- 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. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29653694/> (Accedido 12 de junio 2023)
- Castañeta, G., Gutiérrez, A., Nacaratte, F., & Manzano, C. (2020). MICROPLÁSTICOS: UN CONTAMINANTE QUE CRECE EN TODAS LAS ESFERAS AMBIENTALES, SUS CARACTERÍSTICAS Y POSIBLES RIESGOS PARA LA SALUD PÚBLICA POR EXPOSICIÓN (Vol. 37). *Revista Boliviana de Química*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4263/426365043004/html/> (Accedido 5 de junio 2023)
- 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. Disponible en: http://cienciaymar.mx/Revista/index.php/cienciaymar/issue/view/73/ART71_1_ (Accedido 12 de junio 2023)
- De la Torre, G. E. (2019). Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(4), 27-37. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2647> (Accedido 12 de junio 2023)
- Franco, G, Macías, M, (2022) Tipos de microplásticos presentes en tres playas del municipio de Tuxpan, Veracruz. Disponible en: <http://51.143.95.221/bitstream/TecNM/5106/1/28%20MARTHA%20K%20Y%20FLOR%20YERANIA%20%20PROYECTO%20TESIS.pdf>
- García, L.M. (2019). Plásticos en los océanos [infografía]. Disponible en: https://foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_19-034.pdf (Accedido 11 de junio 2023)
- GREENPEACE. (2017). Plásticos. España: Greenpeace España. Disponible en: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/> (Accedido 5 de junio 2023)
- Lima, Y, Vazquez, R. (2021). Análisis de la presencia de microplásticos en la arena de las playas de la costa sur del Perú. Disponible en: <http://www.revistas.unam.edu.pe/index.php/sincretismo/article/view/41/50> (Accedido 12 de junio 2023)
- 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. Disponible en: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/371> (Accedido 11 junio 2023)

- 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. Disponible en: <https://www.mda.cinvestav.mx/FTP/EcologiaHumana/maestria/tesis/18TesisLopez M20.pdf> (Accedido 5 de junio 2023)
- 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. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i7677en/i7677en.pdf> (Accedido 5 de junio 2023)
- Perez, J, Alcalde, M. (2021). ESTUDIO DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTOS DE LAS PLAYAS DE LIMA Y AREQUIPA ENTRE LOS AÑOS 2016-2021, Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30390/Tesis.pdf?sequence=14&isAllowed=y> (Accedido 5 de junio 2023)
- Rojo-Nieto, E., & Montoto, T. (2017). Basuras marinas, orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global (pp. 1–54). Disponible en: <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/56275> (Accedido 30 de mayo 2023)
- 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. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26700887/> (Accedido 11 de junio 2023)
- Torres, H, Romero, A. (2021) ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROPLÁSTICOS EN LAS PLAYAS DE ARENA DEL PERÚ. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/28227/Lozada%20Torres%2c%20Howar%20Jhon%20-%20Romero%20Chuquilin%2c%20Adilmer%20David.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (Accedido 12 de junio 2023)
- 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. Disponible en: [file:///C:/Users/S272/Downloads/mdeandresgarcia,+10Torrez-Perez+et+al%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/S272/Downloads/mdeandresgarcia,+10Torrez-Perez+et+al%20(1).pdf) (Accedido 12 de junio 2023)
- Villamar, K. (2021) El microplástico y la contaminación del mar. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20095/1/UPS-GT003173.pdf> (Accedido 5 de junio 2023)



- Villanova, C, Romero, F, Fernández, S, Muñoz, M, Álvaro, S. (2018) ESTUDIO DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN DOCE PLAYAS DE LA ISLA DE TENERIFE (ISLAS CANARIAS) Disponible en: https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/13078/SI_01_%282018%29_07.pdf?sequence=5&isAllowed=y (Accedido 12 de junio 2023)
- 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. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.002> (Accedido 12 de junio 2023)
- Yu, X., J. Peng, J. Wang, K. Wang & S. Bao. 2016. Occurrence of Microplastics in the beach sand of the Chinese inner sea: the Bohai Sea. *Environmental Pollution* 214: 722-730. Disponible en https://jgxy.nbu.edu.cn/_local/2/91/74/02402A487B420D4C2BE9A654932_B886B0E6_1EEEE0.pdf (Accedido 12 de junio 2023)
- Zarate, M., e Iannacone, J. (2021). Microplásticos en tres playas arenosas de la costa central del Perú. *Rev. Salud ambient.* 21(2), 123-131. Disponible en: <https://ojs.diffundit.com/index.php/rasa/article/view/1079/999> (Accedido 12 de junio 2023)