

Capítulo 11

Identificación y cuantificación de microplásticos en sedimentos de tres playas recreativas de la costa de Campeche

Cintia del Carmen Hernández Crisostomo¹
Iris del Carmen Delgado Aguilar
Vanessa Vargas Varela

Cítese como: Hernández-Crisostomo, C. D, Delgado-Aguilar, I D. y Vargas-Varela, V. (2023). Identificación y cuantificación de microplásticos en sedimentos de tres playas recreativas de la costa de Campeche. En F. C. Gómez-Meneses, L. M. Gómez-Melo, D. Valencia-Enríquez, S. Gómez-Herrera, J. M. López-Moreno y J. M. Villota-Paz (comps.), *Avances y desafíos en las ciencias y la ingeniería: nuevos conocimientos para un futuro sostenible* (pp. 191-206). Editorial UNIMAR. <https://doi.org/10.31948/editorialunimar.208.c360>

Resumen

Con la presente investigación se realizó la identificación y cuantificación de microplásticos en sedimentos de algunas de las playas recreativas del municipio de Champotón, Campeche, con el objetivo de caracterizar, cuantificar y determinar si existen diferencias entre las cantidades de microplásticos con relación a las temporadas climáticas y puntos de análisis. Se seleccionó tres estaciones de muestreo: las playas de Puntaxen, Boca del río y Payucán; en cada una se estableció tres zonas: alta, media y baja, paralelas a la línea de costa y, sobre ellas se hizo transectos de 50x50 cm, modificados de la metodología de Hidalgo-Ruz et al. (2012). El estudio demostró las cantidades de microplásticos hallados en cada uno de los lugares del muestreo, de acuerdo con las estaciones de verano y otoño. Con base en un análisis univariado de varianza y pruebas de Tukey y Duncan, se concluyó que no existe evidencia significativa que indique diferencias entre las muestras por transectos, estaciones y/o lugares de muestreo.

Palabras clave: sedimento; playa; cuadrante; estaciones.

¹ Instituto Tecnológico Superior de Champotón. Correo: cintia.hc@champon.tecnm.mx



Identification and quantification of microplastics in sediments of three recreational beaches on the Campeche coast

Abstract

This research allowed the identification and quantification of microplastics in sediments of some of the recreational beaches of the municipality of Champotón, Campeche, to characterize, quantify, and determine if there are differences between the quantities of microplastics concerning the climatic seasons and points of analysis. Three sampling stations were selected: the beaches of Puntaxen, Boca del río, and Payucán; in each one of the three zones were established: high, medium, and low, parallel to the coastline, and, on them 50x50 cm transects were made, modified from the methodology of Hidalgo-Ruz et al. (2012). The study showed the amounts of microplastics found in each of the sampling sites, according to the summer and autumn seasons. Based on univariate analysis of variance and Tukey and Duncan tests, it was concluded that there is no significant evidence indicating differences between samples by transects, seasons, and/or sampling sites.

Keywords: sediment; beach; quadrant; seasons.

Identificação e quantificação de microplásticos em sedimentos de três praias de recreio da costa do Campeche

Resumo

Esta pesquisa permitiu a identificação e a quantificação de microplásticos em sedimentos de algumas das praias recreativas do município de Champotón, Campeche, para caracterizar, quantificar e determinar se há diferenças entre as quantidades de microplásticos em relação às estações climáticas e aos pontos de análise. Três estações de amostragem foram selecionadas: as praias de Puntaxen, Boca del río e Payucán; em cada uma delas, foram estabelecidas três zonas: alta, média e baixa, paralelas à linha costeira, e, nelas, foram feitos transectos de 50x50 cm, modificados a partir da metodologia de Hidalgo-Ruz et al. (2012). O estudo mostrou as quantidades de microplásticos encontradas em cada um dos locais de amostragem, de acordo com as estações de verão e outono. Com base na análise univariada de variância e nos testes de Tukey e Duncan, concluiu-se que não há evidências significativas que indiquem diferenças entre as amostras por transectos, estações e/ou locais de amostragem.

Palavras-chave: sedimento; praia; quadrante; estações.

Introducción

Una playa está definida como una acumulación de sedimentos conformados geomorfológicamente por rocas, arena, arcilla o grava, clasificados en dos partes: parte emergida y parte sumergida, con límites inferior y superior que delimitan la zona de playa (Enríquez, 2003). Las playas ofrecen diversos usos;



son consideradas un sistema socioecológico que va desde la protección contra huracanes, para turismo, recreación, uso estético, hasta la explotación de los recursos minerales, así como para la anidación y reproducción de la fauna marina y aviaria (Cervantes, 2019). El principal problema de las playas es la contaminación, que degrada y destruye el hábitat (United States, Environmental Protection Agency EPA, 2023); la población es clave fundamental para esta problemática.

A nivel mundial, la contaminación por plásticos es un hecho que ya no puede dar marcha atrás; hace aproximadamente 50 años iniciaron los primeros estudios sobre el tema (Lavender, 2017) y, el cúmulo de estos en el medio ambiente se ha convertido en una preocupante a nivel mundial (Yoshida et al., 2016); así mismo, la sobrepoblación y la demanda de los plásticos, por su versatilidad y facilidad de compra, se ha convertido en un material cotidiano para la humanidad (Cabrera, 2018), hecho que conlleva una mayor producción por su demanda.

Se tiene datos de contaminantes plásticos desde el polo hasta el Ecuador (Thompson et al., 2004); de igual manera, se ha encontrado fragmentos en entornos terrestres, marinos y en los lugares más remotos del mundo (Barnes et al., 2009).

Es importante destacar que los residuos plásticos generados en las costas tienen un alto impacto sobre el ecosistema, dañando no solo la flora y la fauna de la región, sino la economía y la estética de estos espacios (Lara-Domínguez et al., 1995).

Los plásticos son derivados del petróleo formados por la polimerización de monómeros (Cole et al., 2011); su propiedad más intrínseca es la flexibilidad y durabilidad, que los hace más peligrosos para el medio ambiente (Derraik, 2002).

La fragmentación de los plásticos suele tener un proceso biológico al término de su vida útil para el ser humano, al exponerse a los rayos solares, vientos, lluvias y/o mareas; esto conlleva generar pequeñas partículas, denominadas 'microplásticos', cuando son menores a 5mm; y, nanoplásticos cuando sus dimensiones están por debajo de 100 nm (Fossi et al., 2012).

Se tiene diferentes propuestas para la definición de microplásticos, pero, para efectos de esta investigación, se adopta la de partículas plásticas con un tamaño menor a 5 mm (Arthur et al., 2009). En todos los lugares del mundo existen los plásticos; son de uso común y, así como son de fácil acceso, son también rápidos de desechar por lo que, en muchas ocasiones, por la mala gestión de residuos, terminan en el medioambiente (Toledo-Martínez, 2019).

Existe evidencia de que los microplásticos se encuentran en el medio marino y, debido a las mareas, estos son removidos a las orillas y se acumulan en la arena, principalmente de las playas, constituyendo una problemática para la zona, mayormente en áreas naturales protegidas (Cabrera, 2018). Los



microplásticos son considerados un contaminante ambiental generalizado que representa una grave amenaza al medio acuático (Liu et al., 2013).

Muy a pesar de la concientización de la problemática causada por el uso excesivo de plásticos, la población continúa produciéndolo, consumiéndolo y desechándolo, de manera alarmante, afectando en gran medida al medio ambiente (Rochman et al., 2013).

Por todo lo expuesto, el presente estudio tiene como objetivo, identificar y cuantificar microplásticos en sedimentos en tres playas de la costa de Campeche y, determinar si existen diferencias entre las cantidades de microplásticos, con relación a las temporadas muestreadas.

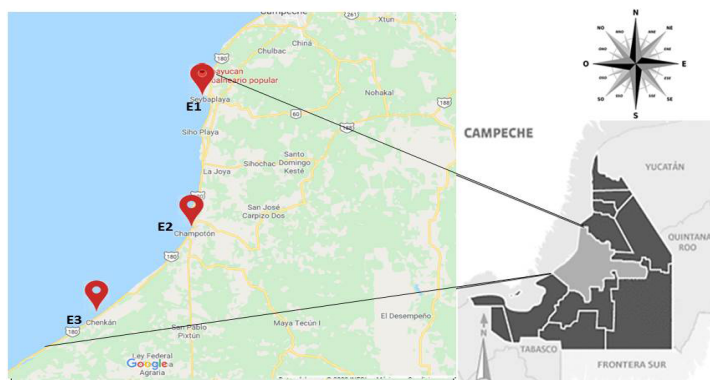
Desarrollo

El lugar donde se realizó el proyecto fue la costa del municipio de Champotón, en el Estado de Campeche, que colinda al norte con el Golfo de México y el municipio de Campeche; al este con los municipios de Campeche, Hopelchén, Calakmul y Escárcega; al sur con los municipios de Escárcega y Carmen y, al oeste con el municipio de Carmen y el Golfo de México. La ciudad de Champotón tiene diferentes sectores económicos; entre ellos, el sector pesquero, que se practica en toda la costa del municipio y que aporta en gran medida a la economía del municipio; por otra parte, el sector turístico también contribuye a la economía del mismo. El largo del litoral de Champotón es de aproximadamente 65 km.

La investigación se llevó a cabo en tres playas recreativas de la zona: Boca del río, Puntaxen y Payucán, denominándolas de aquí en adelante E1: Payucán (19.628413, -90.686203), E2: Boca del Río (19.34645, -90.73114) y E3: Puntaxen (19.17874, -90.90587), como se aprecia en la Figura 1. Se agrega las características morfológicas de las tres playas muestreadas (Tabla 1).

Figura 1

Mapa de las tres estaciones muestreadas



Fuente: elaboración propia con base en Google Maps



Tabla 1*Morfología de las playas muestreadas*

Características morfológicas de las tres playas arenosas de la costa de Champotón						
Playas	Latitud	Longitud	Viento predominante	Curvatura de playa	Tipo de sustrato	Uso de playa
Boca del Río	19.36148	- 90.71777	Viene del Norte	Sin curvatura	Arena	Arribo de lanchas, mantenimiento a motores, lavados con ácido muriático y cloro, recambio de aceite, descarga de productos no deseados.
Puntaxen	19.17934	-90.90444	Viene del Oeste	Sin curvatura	Roca y arena	Balneario turístico
Payucán	19.66126	-90.70375	Viene del Norte	Semiconcava	Arena y grava	Balneario turístico

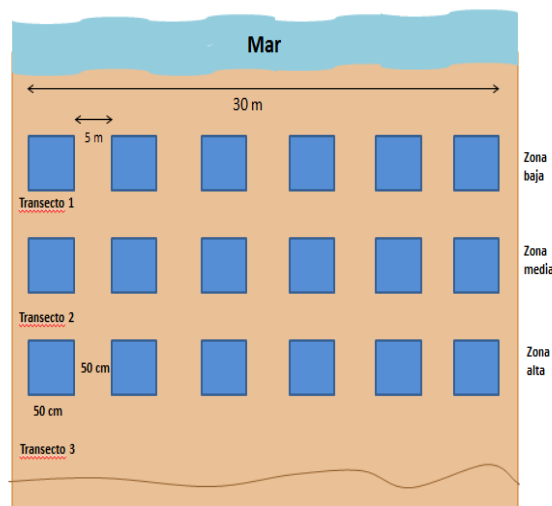


Este estudio se llevó a cabo entre los meses de septiembre y noviembre de 2020, siguiendo el protocolo de muestreo y análisis de microplásticos en aguas marinas superficiales, sedimentos de playas y tracto digestivo de peces del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR, 2017) de Santa Marta, Colombia.

Cada playa se dividió en tres zonas: alta, media y baja (la baja más cercana a la línea de marea); en cada zona se estableció transectos lineales de 30 metros; en ellas se ubicó seis cuadrantes de 50 x 50 cm cada uno, con una separación de cinco metros de distancia entre ellos, como se ve en la Figura 2.

Figura 2

Forma de los transectos trazados en las playas



Fuente: elaboración propia

Procedimiento para la toma de muestras

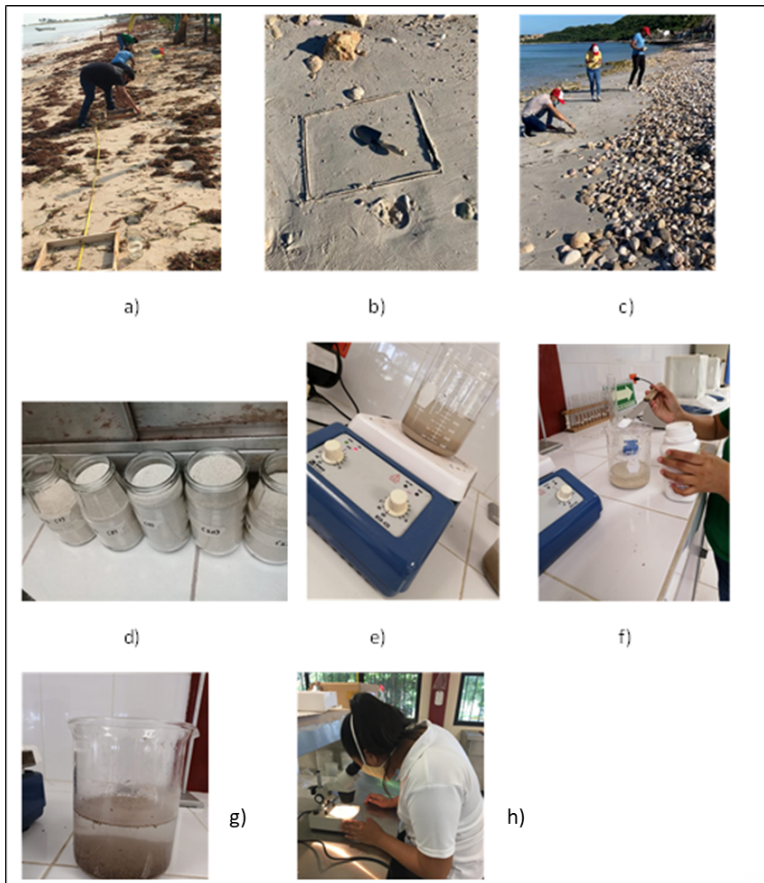
Una vez seleccionado el lugar y los cuadrantes, se tomó las muestras de cada uno y se colocó los datos en el formato propuesto, se tomó las coordenadas geográficas del primero y último cuadrante y, con la ayuda de una pala, se recogió entre 1 y 2 cm de sedimento de cada cuadrante; aproximadamente un kilo; el sedimento se encontraba húmedo, por lo que se procedió a levantar las muestras en bolsas, para su traslado, se etiquetó y transportó al laboratorio. Así, se repitió el procedimiento en cada cuadrante.

Cabe mencionar que, al llegar al laboratorio, se trabajó dos semanas con todas las muestras, debido a que el secado fue al aire libre, dentro del laboratorio, en un área libre y despejada.



Figura 3

Proceso de levantamiento de la muestra hasta el análisis en el laboratorio. a) Marcando la zona de muestreo. b) Cuadrante de 50 x 50 cm donde se extrae la muestra. c) Levantamiento de la muestra. d) La muestra en frascos. e) Preparación de la muestra con el NaCl. f) Muestra con el agua destilada para llevar a pesar y agitar. g) Espera de 30 minutos de reposo para analizar el sobrenadante. h) Análisis en el esteresocopio



Procedimiento para análisis de la muestra

Una vez secas las muestras, se las pasó por un tamiz de 1mm y se las depositó en envases de vidrio debidamente marcados con los datos del lugar de colecta, fecha, número del transecto y número del cuadrante, para su posterior análisis.

En el laboratorio, se preparó inicialmente una solución hipersalina (cloruro de sodio 5 gr); en un vaso precipitado se adicionó 300 gr de sedimento por un litro de agua destilada y se llevó al agitador tipo vórtex; luego se dejó reposar por 30 minutos; posteriormente, el sobrenadante se retiró, se pasó a la caja Petri y se procedió a analizar con el esteresocopio, para registrar el color y la cantidad de microplástico encontrado para, finalmente, almacenar en tubos tipo Eppendorf.



Resultados

Muestra 1: 20 septiembre de 2020. Se llevó a cabo en la estación de verano; el día estuvo nublado, con 26 °C, viento moderado, olas fuertes en las playas de Payucan y Puntaxen, en tanto que en Boca del Río no había oleaje. En las tres estaciones hubo abundancia de sargassum (sargazo) y marea alta. Respecto a residuos sólidos, hubo mayor abundancia en la E1; en la E2 fueron moderados; en la E3 fue nula la cantidad de estos.

Debido a la marea alta, no se pudo tomar la muestra de todas las estaciones de los transectos. En la E1 y E3 solo se levantó doce muestras en septiembre, mientras que en E2 se levantó las 18 muestras.

Muestra 2: 26 de noviembre de 2020. Temporada de otoño, con una temperatura de 27 °C, soleado, con marea baja, sin presencia del sargassum, con olas moderadas en E1 y E3; en E2 sin olas, por lo que las tres estaciones recolectaron las 18 muestras sin problema alguno. En las tres estaciones se encontró residuos sólidos

Se muestra los resultados de los microplásticos encontrados en las estaciones siguientes: E1 en la Tabla 2; los datos de las muestras de la E2 en la Tabla 3 y los datos de la E3 en la Tabla 4:

Tabla 2

Resultados de la cantidad de microplásticos en E1 entre septiembre y noviembre de 2020

E1	Verano 2020	Otoño 2020	Zonas
Transecto 1	No se muestreó	4	Baja
Transecto 2	5	6	Media
Transecto 3	4	8	Alta

Tabla 3

Resultados de la cantidad de microplásticos en E2 entre septiembre y noviembre de 2020

E1	Verano 2020	Otoño 2020	Zonas
Transecto 1	5	5	Baja
Transecto 2	5	7	Media
Transecto 3	4	8	Alta



Tabla 4

Resultados de la cantidad de microplásticos en E3 entre septiembre y noviembre de 2020

E1	Verano 2020	Otoño 2020	Zonas
Transecto 1	0	6	Baja
Transecto 2	6	7	Media
Transecto 3	5	6	Alta

Análisis de los resultados

Se aplicó un análisis estadístico univariado de varianza y, la prueba de Duncan y Tukey en el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 22, con 95 % de confianza, obteniendo los siguientes resultados, como se evidencia en la Tabla 5.

Tabla 5

Prueba de efectos inter-sujetos para demostrar si existe diferencia entre la variable dependiente (cantidad de microplástico) vs. las variables independientes (zona, estación y lugar)

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Número de microplásticos					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	15.519 ^a	17	.913	2.866	.001
Interceptación	81.815	1	81.815	256.860	.000
zona	4.574	2	2.287	7.180	.001
estación	6.259	1	6.259	19.651	.000
lugar	.352	2	.176	.552	.578
zona * estación	.352	2	.176	.552	.578
zona * lugar	1.259	4	.315	.988	.418
estación * lugar	.352	2	.176	.552	.578
zona * estación * lugar	2.370	4	.593	1.860	.124
Error	28.667	90	.319		



Total	126.000	108
Total corregido	44.185	107

R al cuadrado = .351 (R al cuadrado ajustada = .229)

Zona: baja, media y alta. Estación: Verano y otoño. Lugar: E1, E2 y E3

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Se puede observar que las interacciones entre las zonas baja, media y alta no tienen diferencias significativas con las estaciones verano, otoño muestreadas, ya que el valor es de $p=0.578 > 0.05$, en tanto que para la interacción entre las zonas baja, media y alta con el lugar de muestreo E1, E2 y E3 tuvo un valor de $p=0.418 > 0.05$. En cuanto a la diferencia entre las estaciones verano, otoño y el lugar de muestreo E1, E2, E3, se obtuvo un valor de $p=0.578 > 0.05$. Se rechaza que haya una diferencia entre ellas; por último, se analizó si existió alguna diferencia entre la zona de muestreo, las estaciones del año y el lugar de muestreo, obteniendo un valor de $p=0.124 > 0.05$. Se concluye que no existe evidencia suficiente para aseverar una diferencia entre la comparación de las variables.

En la Tabla 6 se puede apreciar la comparación entre el número de microplásticos encontrados vs. las zonas baja, media alta muestreadas; se nota que no existe diferencia entre la cantidad y las zonas muestreadas, porque todos arrojaron valores mayores a 0.05.

Tabla 6

Comparación entre la cantidad de microplásticos encontrados vs. la zona muestreada

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: numero de microplasticos

	(I) alta, media y baja	(J) alta, media y baja	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	baja	media	-.47*	.133	.002	-.79	-.16
		alta	-.39*	.133	.012	-.71	-.07
	media	baja	.47*	.133	.002	.16	.79
		alta	.08	.133	.806	-.23	.40
	alta	baja	.39*	.133	.012	.07	.71
		media	-.08	.133	.806	-.40	.23

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .319.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

En la Tabla 7 se analizó las diferencias entre los lugares muestreados (Payucan, Champotón y Puntaxen) vs. la cantidad de microplásticos encontrados; se obtuvo que no existe diferencia significativa entre estas dos variables.



Tabla 7

Comparación entre la cantidad de microplásticos encontrados vs. los lugares muestreados

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: numero de microplasticos

	(I) champotón, payucan y puntaxen	(J) champotón, payucan y puntaxen	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	payucan	Champotón	-.14	.133	.551	-.46	.18
		Puntaxen	-.06	.133	.908	-.37	.26
	Champotón	payucan	.14	.133	.551	-.18	.46
		Puntaxen	.08	.133	.806	-.23	.40
Puntaxen	payucan	.06	.133	.908	-.26	.37	
	Champotón	-.08	.133	.806	-.40	.23	

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .319.

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Por otro lado, se hizo la identificación de los microplásticos en cuanto a su color, dado que no se cuenta con el infrarrojo para deducir su tipo, por lo que se hizo la clasificación por colores según lo hallado, como se puede ver en las figuras 4, 5 y 6.

Figura 4

Color de microplástico encontrado en la E1

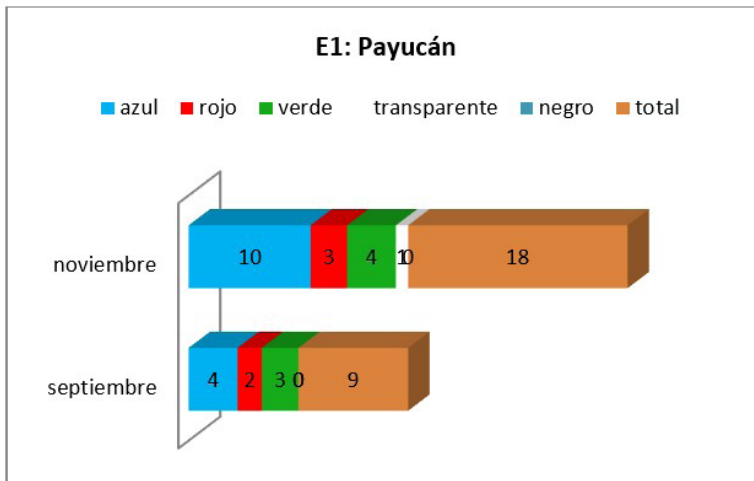


Figura 5

Color de microplástico encontrado en la E2

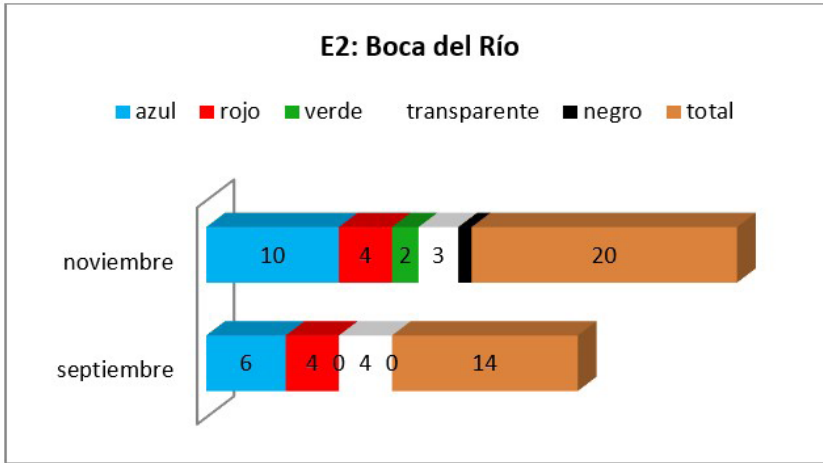
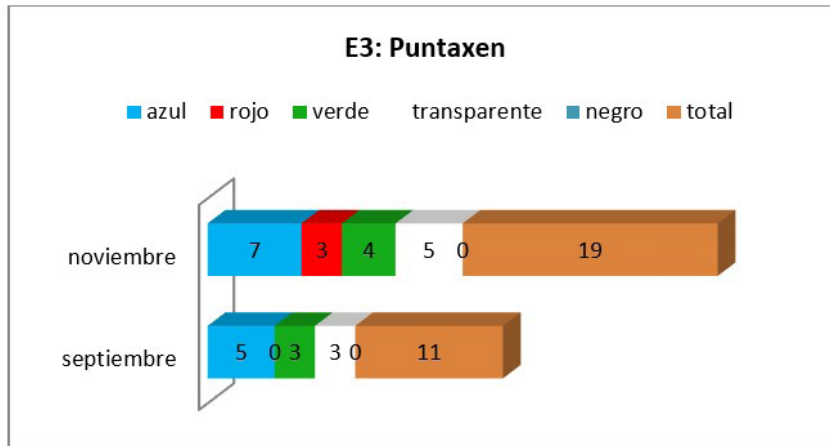


Figura 6

Color de microplástico encontrado en la E3

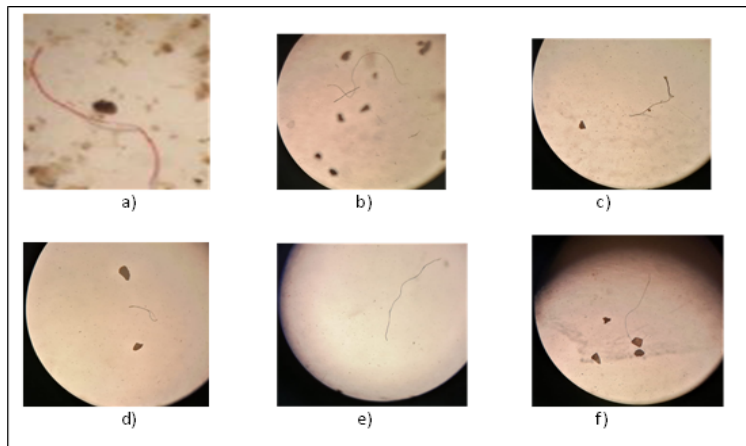


A continuación, se muestra algunos de los microplásticos hallados en el análisis, siendo la mayoría filamentos de colores, como se observa en la Figura 7.



Figura 7

Microplásticos encontrados en colores: a) rojo, b) negro, c) rojo, d) verde, e) azul, f) verde



Conclusiones

Los microplásticos encontrados en este estudio y el análisis estadístico convergen a lo que se ha evidenciado en estudios similares, como el realizado por Cruz-Salas et al. (2020) en las playas de Oaxaca, que determinó ausencia en la relación lineal y un coeficiente de determinación muy bajo, por lo que no fue significativo el número de muestras halladas. De otro lado, en cinco playas de Perú Purca y Henostroza (2017) notaron la presencia de una notable cantidad de microplásticos encontrados por muestra: desde cuatro hasta 462 ítems en una playa. Por su parte, en una playa urbana de Cartagena de Indias, Acosta (2014) concluyó que “la frecuencia de aparición de microplásticos sobre las superficies de la playa es independiente de las estaciones climáticas imperantes” (p. 97). El estudio de Rosado-Piña et al. (2018) solamente demostró la cantidad de microplástico hallado, pero no, si hubo diferencias entre las épocas de muestreo y la cantidad hallada.

Las películas de plástico son las más predominantes en otros estudios, debido a las bolsas de transporte que el viento mueve fácilmente (Barnes et al. 2009); por ello, estos tipos de microplásticos son los más usuales entre las investigaciones respectivas.

Se puede observar que existen diversos y escasos estudios relacionados con el tema, pero persisten lagunas desde la metodología para aplicar estos estudios, hasta análisis concretos que manifiesten el impacto de los microplásticos en la vida del ser humano. Lo que sí es preocupante, es que la contaminación por plásticos va en aumento y es un problema que tiene que ser atendido de inmediato, ya que puede generar efectos significativos a largo plazo en los ecosistemas marinos (Liu et al., 2013).



Este trabajo ha determinado que los microplásticos existen y que se requiere de actividades que coadyuven esta situación, acciones concretas que mejoren la situación y, sobre todo más estudios que investiguen los efectos de los microplásticos en el medio marino y humano.

Referencias

- Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (eds). (2009). Proceedings of the International Research Workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastic marine debris. *NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30*.
- Acosta, I. C. (2014). *Caracterización de microplásticos primarios en el ambiente marino de una playa urbana en Cartagena de Indias* [Tesis de Maestría, Universidad de Cartagena]. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/4191>
- Barnes, 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. Biological Sciences*, 364(1526), 1985-1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Cabrera, D. (2018). *Determinación de la presencia de microplásticos en playas de Tenerife* [Tesis de Pregrado, Universidad de La Laguna]. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/8703?show=full>
- Cervantes, O. D. (2019.) Las playas mexicanas: retos y desafíos. <http://centrotepoztlan.org/wp-content/uploads/2019/04/omar-cervantes.pdf>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588-2597. <https://doi.org/10.1016/j.MARPOLBUL.2011.09.025>
- Cruz-Salas, A. A., Álvarez-Zeferino, J. C., Martínez-Salvador, C., Enríquez-Rosado, R., Gutiérrez-Ortiz, M. R., Vázquez-Morillas, A. y Ojeda-Benitez, S. (2020). Cuantificación y caracterización de microplásticos y residuos sólidos urbanos en playa Zipolite, Oaxaca. *Revista Ciencia y Mar*, 24(71), 3-21
- Derraik, J. G. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842-852. [http://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](http://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Enríquez, G. (2003). Criterios para evaluar la aptitud recreativa de las playas en México: una propuesta metodológica. *Gaceta ecológica*, (68), 55-68.



- Fossi, M. C., Panti, C., Guerranti, C., Coppola, D., Giannetti, M., Marsili, L., & Minutoli, R., (2012). Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale *Balaenoptera physalus*. *Marine Pollution Bulletin*, (64), 2374-2379. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.08.013>
- Lara-Domínguez, A., Villalobos-Zapata, G., Rivera-Arriaga, E., Vera-Herrera, F. y Álvarez-Guillén, H. (1995). *Origen de los desechos sólidos en las playas de Campeche, México*. EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche, México.
- Hidalgo-Ruz, V., Lars, G., Thompson, R. & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology* 46(6), 3060-3075. <http://dx.doi.org/10.1021/es2031505>
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). (2017). Protocolo de muestreo y análisis de microplásticos en aguas marinas superficiales, sedimentos de playas y tracto digestivo de peces. <https://es.scribd.com/document/431726656/Protocolo-de-Muestreo-y-Analisis-de-Microplasticos-en-Aguas-Marinas-Superficiales-Sedimentos-de-Playas-y-Tracto-Digestivo-de-Peces#>
- Lavender, K. (2017). Plastics in the marine environment. *Annual Review of Marine Science*, 9(1), 205-229. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060409>
- Liu, T.-K., Wang, M.-W., & Chen, P. (2013). Influence of waste management policy on the characteristics of beach litter in Kaohsiung, Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 72(1), 99-106. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.04.015>
- Purca, S. y Henostroza, A. (2017). Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú. *Revista Peruana de Biología*, 24(1), 101-106. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/12724>
- Rochman, C. M., Browne, M. A., Halpern, B. S., Hentschel, B. T., Hoh, E., Karapanagioti, H. K., & Thompson, R. C. (2013). Classify plastic waste as hazardous. *Nature*, (494), 169-171. <https://doi.org/10.1038/494169a>
- Rosado-Piña, V. L., Mendoza-Muñoz, N., Vázquez-Morillas, A., Álvarez-Zeferino, J. C., Beltrán-Villavicencio, M. y Ojeda-Benitez, S. (2018). *Caracterización de microplásticos y muestreo de residuos sólidos urbanos de la playa de Tuxpan, Veracruz*. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos A.C.



Thompson, R. C., Olsen, R. P., Mitchell, A., Davis, S. J., Rowland, W. G., McGonigle, J. D., & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 304(5672), 838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>

Toledo-Martínez, M. Á. (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 (España)]. <http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Matoledo>

United States, Environmental Protection Agency EPA. (2023). LEARN: What affects beach health. <https://www.epa.gov/beaches/learn-what-affects-beach-health>.

Yoshida, S., Hiraga, K., Takehana, T., Taniguchi, I., Yamaji, H., Maeda, Y., Toyohara, K., Miyamoto, K., Kimura, Y., & Oda, K. A. (2016). Bacterium that degrades and assimilates poly (ethylene terephthalate). *Science* 351(6278), 1196-1199. <https://doi.org/10.1126/science.aad6359>

