

Microplásticos en tres playas arenosas de la costa central del Perú

Microplásticos em três praias arenosas da costa central do Perú

Microplastics on Three Sandy Beaches along the Central Coast of Peru

Maxwell Zarate¹, José Iannacone^{1,2}

¹ Laboratorio de Ingeniería Ambiental, COEPERU - Coastal Ecosystems of Peru Research Group, Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

² Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA), Escuela Universitaria de Posgrado (EUPG), Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA), Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

Cita: Zarate M, Iannacone J. Microplásticos en tres playas arenosas de la costa central del Perú. Rev. Salud ambient. 2021; 21(2):123-131.

Recibido: 3 de julio de 2020. **Aceptado:** 6 de octubre de 2021. **Publicado:** 15 de diciembre de 2021.

Autor para correspondencia: José Iannacone.

Correo e: joseiannaconeoliver@gmail.com

Laboratorio de Ingeniería Ambiental, COEPERU - Coastal Ecosystems of Peru Research Group, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

Financiación: Este estudio ha sido financiado por la Universidad Científica del Sur, Lima, Perú dentro de la convocatoria de Fondos para proyectos de Tesis 2019-2.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y a la redacción del artículo. Asimismo todos los autores aprobaron su versión final.

Resumen

Los microplásticos (MP) se han convertido en un nuevo contaminante de preocupación mundial. En el verano del 2020 se evaluaron MP en tres playas arenosas de la costa central de Lima en Perú, Chancay, Carpayo y Asia. Se empleó el método de flotación por densidad y se identificaron MP grandes (entre 1 y 5 mm) y pequeños (< 1 mm). Se determinó tipo, forma, color y fuente de MP. La mayor concentración de MP se encontró en la playa Carpayo, una de las playas más contaminadas por aguas residuales domésticas a nivel Latinoamérica. En la playa Asia, altamente concurrida por turistas, se encontró la menor concentración de MP. En la identificación de MP por zona (supralitoral e infralitoral) y por clasificación (grandes y pequeños) se ha evidenciado que la zona supralitoral de la playa Carpayo presentó mayor cantidad de MP pequeños. En las tres playas se encontró mayor cantidad de MP grandes en la zona supralitoral. En Chancay y Carpayo predominaron los MP tipo fibra y en playa Asia predominaron los MP tipo fragmento. La mayor cantidad de MP pequeños son de color azul y amarillo, forma alargada e irregular, proveniente principalmente de ropa sintética, alfombras y tubos. La mayor cantidad de MP grande son de color azul, rojo y blanco, de forma alargada, ovoide y redondeada, proveniente de ropas sintéticas, alfombras, tubos y resinas. Los resultados evidencian que se requiere tomar medidas para mejorar la salud ambiental de las playas marinas de la costa central del Perú.

Palabras clave: contaminación ambiental; microplásticos; Perú.

Resumo

Os microplásticos (MP) tornaram-se um novo poluente de preocupação global. No verão de 2020, avaliaram-se os MP em três praias arenosas da costa central de Lima no Peru, Chancay, Carpayo e Asia. Foi utilizado o método de flotação por densidade e identificaram-se MP grandes (entre 1 e 5 mm) e pequeno (<1 mm). Foram determinados o tipo, forma, cor e fonte dos MP. A maior concentração de MP foi encontrada na praia de Carpayo, uma das praias mais poluídas por esgoto doméstico da América Latina. A menor concentração de MP foi encontrada na praia da Asia, que é muito frequentada por turistas. Na identificação dos MP por zona (supralitoral e infralitoral) e por classificação (grande e pequeno) evidenciou-se que a área supralitoral da praia do Carpayo apresentou maior quantidade de MP pequenos. Nas três praias encontrou-se maior quantidade de MP grandes na zona supralitoral.

Nas praias Chancay e Carpayo predominaram os MP do tipo fibra e na Praia Asia predominaram os MP do tipo fragmento. A maior quantidade de MP pequenos são de cor azul e amarela, com forma alongada e irregular, provenientes principalmente de roupa sintética, tapetes e tubos. A maior quantidade de MP grandes são de cor azul, vermelha e branca, de forma alongada, ovoide e arredondada, provenientes de roupa sintética, tapetes, tubos e resinas. Os resultados mostram que são necessárias medidas para melhorar a saúde ambiental das praias marinhas da costa central do Peru.

Palavras-chave: contaminação ambiental; microplásticos; Peru.

Abstract

Microplastics (MP) have become a new pollutant of global concern. In the summer of 2020, the amounts of MPs were measured on three sandy beaches along the central coast of Lima, Peru: Chancay, Carpayo and Asia. The method of flotation by density was used, and large (between 1 and 5 mm) and small (< 1 mm) MPs were identified. Their type, shape, color and source were determined. The highest concentration of MPs was found on Carpayo beach, one of the most domestic wastewater-polluted beaches in Latin America. Asia beach, which is much frequented by tourists, had the lowest concentration. The identification of MPs by zone (supralittoral and infralittoral) and by sort (large and small) showed that Carpayo beach's supralittoral zone had the highest concentration of small MPs. On all three beaches, the highest quantity of large MPs was found in the supralittoral zone. Fiber-type MPs predominated in Chancay and Carpayo, whereas fragment-type MPs prevailed in Asia. Most small MPs were blue and yellow in color and elongated and irregular in shape and mostly came from synthetic clothing, carpets and tubing. Most large MPs were blue, red and white, and elongated, ovoid and rounded, and came from synthetic clothing, carpets, tubing and resins. These results prove that measures need to be taken to improve the environmental health of the sea beaches along Peru's central coast.

Keywords: environmental pollution; microplastics; Peru.

INTRODUCCIÓN

Los microplásticos (MP) se han convertido en un nuevo contaminante de preocupación mundial debido a su abundancia global¹, y son usados ampliamente en la vida cotidiana y aprovechados para diferentes actividades humanas². El uso excesivo de plásticos y su degradación son la fuente principal para la presencia de MP en el ambiente marino³. Los MP son partículas sólidas sintéticas con un tamaño de 0,001 a 5 mm de dimensión⁴, y según su clasificación por su origen, los MP pequeños son aquellos que se encuentran en los productos de limpieza y cosmética, los MP grandes provienen de la fragmentación de macroplásticos en el ambiente marino o terrestre⁵. Los MP también se pueden clasificar por su tamaño en MP grandes de 1 a 5 mm y MP pequeños menores de 1 mm⁶⁻⁸. La existencia de MP tipo fibra resulta del lavado de la ropa o de la degradación de las redes de pesca⁹.

Los ambientes costeros se encuentran expuestos a la contaminación por MP, incluyendo las playas de arena de todo el mundo¹⁰. Al año se vierten más de 8 millones de Tn de basura a los océanos, siendo alrededor de un 90 % material plástico¹¹. En el Perú, el 56 % de los residuos plásticos que se generan terminan en un relleno sanitario, el 43,7 % terminan en botaderos llegando a los ríos y océanos y solo el 0,3 % es reinsertado a la cadena productiva a través del reciclaje. Se estima que alrededor de 200 kg de plástico son echados a los océanos cada segundo¹². La contaminación de las playas e impactos

negativos a la salud ambiental se deben a la actividad antropogénica¹³. Los MP en el mar son un problema para la salud ambiental, el ecosistema y pueden causar daños a nivel de individuo y población¹⁴. En la zona supralitoral las especies son capaces de soportar la acción del viento, el oleaje, la desecación y la acumulación de residuos plásticos, por lo contrario, en la zona infralitoral, las condiciones son un poco más estables¹⁵, con menor cantidad de residuos plásticos.

En Latinoamérica existen muy pocos estudios de MP en playas arenosas costeras^{14,16-19}. Se ha determinado la concentración de MP en arena en la Bahía de Chetumal en México¹⁶. Se ha realizado un análisis de la presencia de MP en el medio marino en Uruguay¹⁴. Los estudios en el Perú sobre MP en playas arenosas costeras son escasos¹⁷⁻¹⁹. En el presente trabajo se realizó la evaluación de MP pequeños y grandes en dos zonas (supralitoral e infralitoral) de tres playas arenosas de la costa central del Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las playas estudiadas en el Departamento de Lima, Perú, fueron: Chancay, Carpayo y Asia. La playa Chancay (M₁) está ubicada en el distrito de Chancay, provincia de Hualar (7°24'33,98"S, 78°7'2,32"O), contaminada por las aguas residuales domésticas de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) EMAPA Chancay S.A.C. La playa Carpayo (M₂) está ubicada en el distrito de Ventanilla, provincia del Callao (12°3'23,72"S, 77°7'5,3"O),

considerada una de las playas más contaminadas de Latinoamérica al acumular Tn de residuos procedentes de la ciudad de Lima. La playa Asia (M_3) está ubicada en el distrito de Asia, provincia de Cañete ($12^{\circ}47'48,23''S$, $76^{\circ}30'40,46''O$), y está contaminada por residuos plásticos generados por turistas quienes la visitan en los meses de verano. Las tres playas con sus respectivas características geomorfológicas (tabla 1) se encuentran en el Departamento de Lima, distanciadas por 75,3 km y 111,2 km (figura 1), fueron evaluadas en la época de verano de 2020.

Las muestras de arena se colectaron de dos transectos (zona supralitoral e infralitoral), ambas zonas fueron separadas por una distancia de 5 m. Cada transecto fue separado en cinco cuadrantes, entre cuadrantes se tuvo una distancia de 2 m obteniendo un total de 10 cuadrantes en los dos transectos de la zona supralitoral (cinco muestras) e infralitoral (cinco muestras). Para delimitar cada cuadrante se utilizó un marco de aluminio de 50×50 cm (2500 cm²) y con una pala de metal se retiró cuidadosamente a una bolsa de aluminio hasta 5 cm de profundidad en dicha área²⁰. Se recogió un total de 10 muestras (cada muestra recolectada fue equivalente a 1 kg) por cada playa. La muestra recolectada fue trasladada

Figura 1. Localización y distanciamiento de las tres playas (Chancay= M_1 , Carpayo= M_2 y Asia= M_3) de muestreo de microplásticos (MP) en la costa central de Lima, Perú. El gráfico de inserción indica el origen de las muestras de las dos zonas supralitoral (5 muestras) e infralitoral (5 muestras)

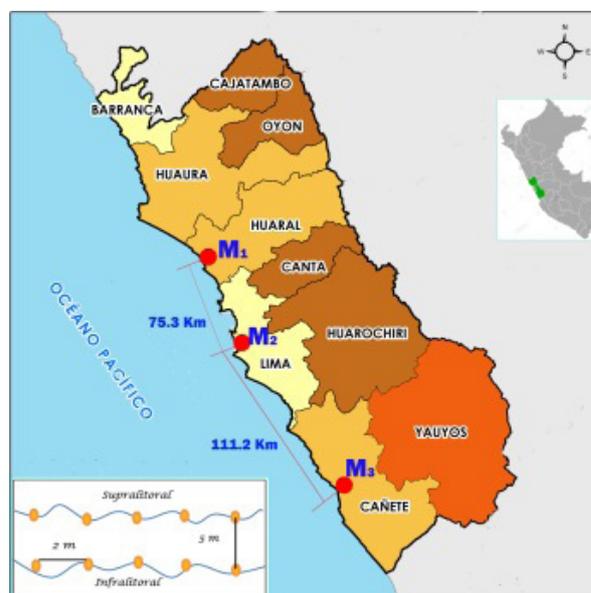


Tabla 1. Coordenadas geográficas y características geomorfológicas de las tres playas arenosas de la costa central del Perú

Playa	Latitud (S)	Longitud (W)	Curvatura de la playa	Tipo de sustrato	Perfil horizontal
Chancay	$7^{\circ}24'33,98''$	$78^{\circ}7'2,32''$	Cóncava	Arena fina	10° de inclinación
Carpayo	$12^{\circ}3'23,72''$	$77^{\circ}7'5,3''$	Cóncava	Arena gruesa	10° de inclinación
Asia	$12^{\circ}47'48,23''$	$76^{\circ}30'40,46''$	Sin curvatura	Arena fina	0° de inclinación

al Laboratorio de Ecología y Biología Animal (LEBA), de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV) en Lima, Perú.

Las muestras de arena fueron tamizadas con aberturas de 1 mm y 5 mm. Los MP que quedaron en el tamiz de 1 mm fueron considerados MP grandes y los que pasaron el tamiz de 1 mm quedando en la bandeja se consideraron MP pequeños. Todas las muestras de arena se guardaron en bandejas de aluminio cubiertas con papel kraft¹⁷.

Extracción de MP pequeños: La muestra de arena se colocó a una estufa (marca BINDER®) a $60^{\circ}C$ durante 48 h para su secado²¹, se preparó una solución saturada de NaCl (258,9 g de NaCl por litro de agua disolviendo en agitación constante¹⁷). Se pesó 50 g de arena seca en

una balanza analítica y se unió con 250 ml de solución saturada de sal (NaCl con $\rho=1,27$ g/ml). Se agitó durante 2 min manualmente con una varilla de vidrio y se dejó durante 5 h para la sedimentación. Este procedimiento se realizó tres veces para cada muestra con el fin de aumentar la recuperación de los MP²⁰.

Recuento de MP pequeños: Pasadas las 5 h de sedimentación en los vasos de precipitado, en la bomba de vacío (Rocker 400 Labolan) se colocó un papel filtro de $4 \mu m$ y se pasó el sobrenadante, quedando los MP pequeños en el papel filtro y luego se retiró en un cubreobjetos redondo de vidrio de 20 mm de diámetro para los análisis cualitativos y cuantitativos²². Finalmente, para cuantificar los MP pequeños se examinaron usando un estereoscopio binocular digital con un aumento de 80x. La totalidad de las muestras fueron escaneadas y

la abundancia de los MP en una muestra de arena fue determinado en base a la suma de los MP en las tres repeticiones de filtración, expresado en número de elementos de MP por unidad de masa de arena seca (artículos de MP/kg de arena seca)²².

Recuento de MP grandes: Se colocaron las muestras secas de MP grandes de cada cuadrante en cubreobjetos redondo de vidrio de 20 mm de diámetro y se observaron en un estereoscopio. Cada muestra fue fotografiada para su posterior clasificación.

La caracterización de MP se dio en cuatro categorías: por tipo (fragmento, fibras, láminas y espuma), por forma (angulares, alargados, planos, etc.), por color (azul, blanco, amarillo, etc.) y por fuente (bolsas, red de pesca, ropas sintéticas, etc.)^{6,8}. Durante el procedimiento los materiales (vasos de precipitado, varilla de vidrio) se enjuagaron antes de su uso, se evitó el uso de materiales plásticos, se usó batas de laboratorio de tela natural y las muestras fueron selladas con papel Kraft para minimizar la contaminación por plásticos del medio²³.

Las diferencias de la abundancia de microplásticos entre las tres playas (M_1 , M_2 , M_3) y entre las zonas (supralitoral e infralitoral) se realizaron mediante el

análisis de ANOVA de una vía con una prueba post-hoc de Tukey, previo análisis de normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianza con Levene. Para todos los cálculos estadísticos descriptivos e inferenciales se usó el paquete estadístico de SPSS Statistics, obteniendo un nivel de significancia de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Los MP encontrados fueron $172,98 \pm 15,07$, $202,02 \pm 10,38$, $116,73 \pm 15,07$ (artículos/kg) por sitio evaluado: M_1 , M_2 y M_3 , respectivamente. La mayor concentración se encontró en la playa urbana M_2 ubicada en el distrito de Ventanilla, mientras que la más baja concentración se encontró en la playa turística M_3 ubicada en el distrito de Asia.

En la identificación de MP por zona (supralitoral e infralitoral) y por clasificación (pequeños y grandes) se ha evidenciado que en la Playa M_2 , la zona supralitoral presentó mayor cantidad de MP pequeños en comparación a las playas M_1 y M_3 ($F=52,49$; $p < 0,05$). En la playa M_1 no se observó diferencias en los MP entre zona supralitoral e infralitoral. Respecto al MP grandes se evidenció una mayor cantidad de artículos/kg en

Tabla 2. Microplásticos (MP) (artículos de MP/kg de arena seca) pequeños y grandes de las zonas supralitoral e infralitoral en tres playas arenosas de la costa central del Perú

Playa	Zona	microplásticos (artículos*kg ⁻¹)	
		Pequeños	Grandes
Chancay	supralitoral	210,34 ± 14,99 ^b	95,79 ± 17,78 ^c
	infralitoral	221,25 ± 14,27 ^b	90,00 ± 20,72 ^c
Carpayo	supralitoral	257,30 ± 13,27 ^a	222,44 ± 12,11 ^a
	infralitoral	148,00 ± 16,14 ^c	143,08 ± 15,20 ^b
Asia	supralitoral	98,57 ± 21,57 ^d	161,05 ± 17,78 ^b
	infralitoral	116,92 ± 22,38 ^{cd}	51,11 ± 8,10 ^d

Nota: Prueba de comparación de medias de tukey ($p < 0,05$).

Letras diferentes en la columna representan diferencia significativa.

Tabla 3. Identificación de tipo de microplásticos (MP) pequeños y grandes (artículos de MP/kg de arena seca) en tres playas arenosas de la costa central del Perú

Playa/Tipo	Espuma	Fibra	Fragmento	Lamina
Chancay	ND	151,17 ^a	42,00 ^b	25,71 ^b
Carpayo	33,33 ^a	134,12 ^a	63,45 ^b	58,62 ^a
Asia	20,00 ^a	85,95 ^b	106,67 ^a	45,45 ^{ab}
F	1,00	15,75	9,36	5,29
Sig	0,42	0,0001	0,0004	0,009

Nota: Prueba de comparación de medias de tukey ($p < 0,05$). ND = No detectado.

Letras diferentes en la columna representan diferencia significativa.

la zona supralitoral en comparación al infralitoral para las tres playas ($F=53,81$; $p<0,05$) (tabla 2). En las playas M_1 y M_2 predominaron los MP de tipo fibra y en la playa M_3 predominaron los MP de tipo fragmento (tablas 3 y 4). La mayor cantidad de MP pequeños es de color

azul y amarillo, forma alargada e irregular, proveniente principalmente de ropa sintética, alfombras. Los MP grandes son de color azul oscuro, rojo, blanco y azul, de forma alargada, ovoide, y redondeada, proveniente de ropas sintéticas, tubos (tabla 4, figuras 2 y 3).

Tabla 4. Caracterización de Microplásticos (MP) (artículos de MP/kg de arena seca) pequeños y grandes por color, forma y fuente en tres playas arenosas de la costa central del Perú

Parámetro	Característica	Asia		Carpayo		Chancay	
		Pequeños	Grandes	Pequeños	Grandes	Pequeños	Grandes
Color de plástico	Amarillo			60,00	20,00		
	Azul	65,71	44,44	57,78	26,67	55,71	30,00
	Azul claro		40,00	30,00	20,00	20,00	
	Azul oscuro	20,00	60,00	33,33	20,00	20,00	
	Blanco	20,00	20,00	30,77	30,91	31,43	23,33
	Celeste		20,00	35,00	25,71	23,33	
	Crema	25,00	20,00	20,00	22,86	20,00	
	Marrón			20,00	20,00	20,00	
	Morado	33,33	30,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	Naranja	40,00	20,00				20,00
	Negro	20,00		20,00	25,00	20,00	
	Rojo	20,00	60,00	26,67	20,00	33,33	25,00
	Rosado	20,00	20,00	20,00			
Verde	30,00	24,00	22,86	26,67	30,00	20,00	
Formas de plástico	Alargado	40,00	33,33	34,05	28,28	39,50	23,00
	Angulares			20,00	20,00	30,00	
	Cilíndricos				20,00		
	Degradado	40,00		20,00		26,67	30,00
	Discos			20,00	20,00		
	Irregulares	20,00		60,00	20,00		
	Ovoide		50,00	20,00	28,00	20,00	
	Plano	20,00	20,00	28,57	23,64	20,00	20,00
	Redondeado		50,00	36,67	20,00	20,00	40,00
	Rotos				20,00		
Rugosos	20,00	46,67	28,00	20,00	20,00		
Fuente de plástico	Alfombras		50,00	40,00	20,00	20,00	
	Bandejas						
	Bolsas				20,00	20,00	
	Botellas		20,00		20,00	20,00	20,00
	CD			20,00	20,00		
	Contenedores	20,00	20,00	24,00	25,00	31,11	20,00
	Envases	42,00	36,67	36,25	28,80	38,50	25,60
	Red de pesca	20,00			20,00		
	Resinas			60,00	20,00		
	Ropa sintética	65,71	44,44	57,78	26,67	55,71	30,00
	Tapas		40,00	30,00	20,00	20,00	
	Tecnopor	20,00	60,00	33,33	20,00	20,00	
	Tubos	20,00	20,00	30,77	30,91	31,43	23,33

Figura 2. Microplásticos (MP) pequeños. A. MP de forma angular de color azul. B. MP de forma cilíndrico color rosado. C. MP de forma degradado color negro. D. MP de forma alargada color morado. E. MP de forma alargada color azul y amarillo

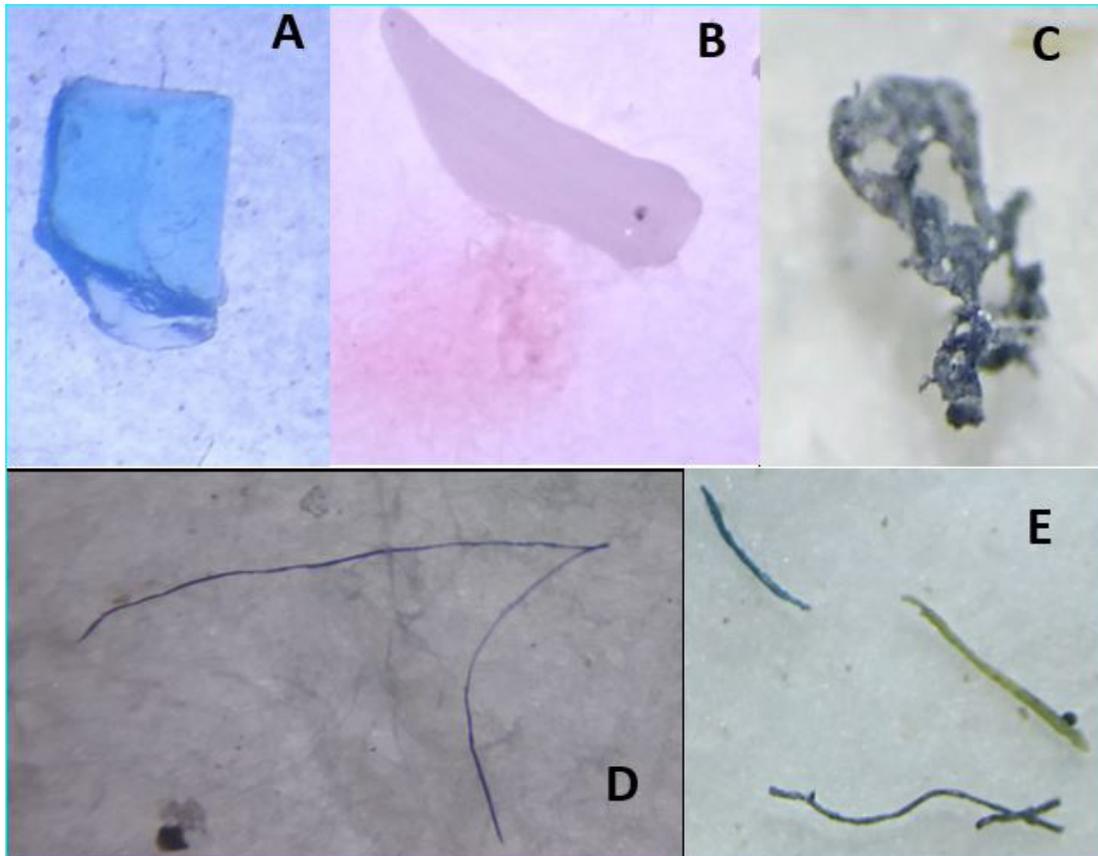
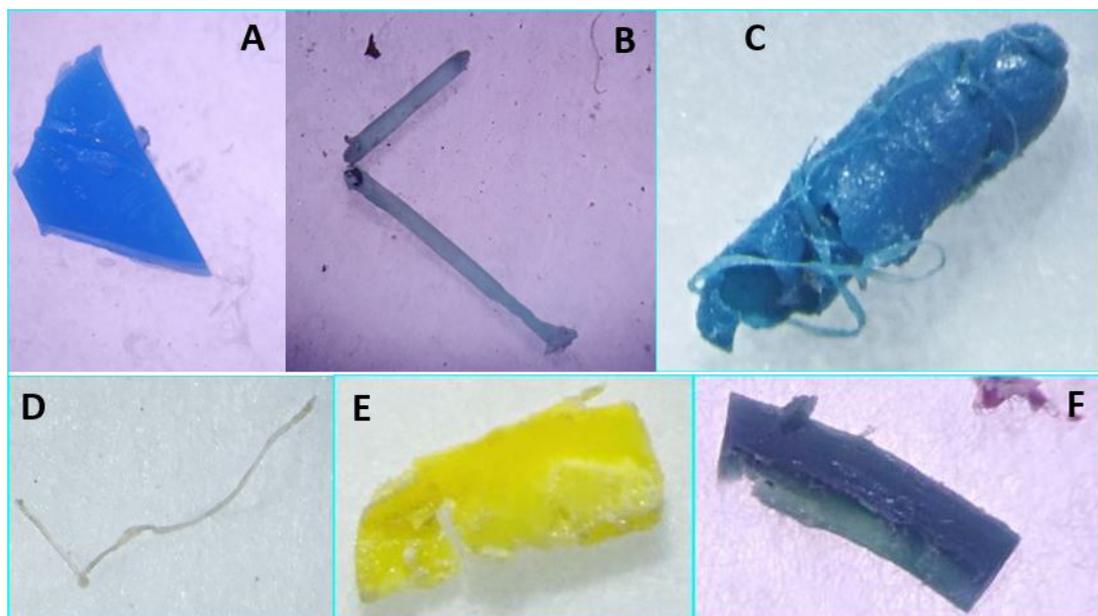


Figura 3. Microplásticos (MP) grandes. A. MP de forma angular color azul. B. MP de forma alargada de color morado. C. MP de forma ovoide color azul entrecruzado con una red de color celeste. D. MP de forma alargada color marrón. E. MP de forma degradada color amarillo. F. MP de forma cilíndrica de color verde



DISCUSIÓN

La identificación de MP se realizó mediante agitación con la solución saturada de NaCl (Método de Willis)²², se dejó reposar por 5 h, y mediante la bomba de filtración se retiró a los MP pequeños. Para los MP grandes se retiró manualmente y se colocó en un cubreobjetos. Besley²⁰ y cols. indican que existen varios procesos de extracción de MP en arenas de playas y propone un protocolo del cual se guió el presente trabajo, desarrollado para comparar entre investigaciones y lo importante es que no es necesario contar con equipos sofisticados. En el presente estudio la mayor cantidad de MP se encontró en la playa Carpayo con $202,02 \pm 10,38$ artículos/kg, una cantidad superior en comparación con las playas de arena de la Península de Baja California, México, donde se identificó 135 ± 92 artículos/kg²⁴, de igual forma superior a la cantidad de $163,3 \pm 37,7$ artículos/kg encontrados en el mar de Bohai de China²². Piperagkas²⁵ y cols. señalan que factores como granulometría del sedimento, pendiente de la playa, intensidad de las olas, promedio del viento y la intervención humana, podrían ser diferentes entre las zonas supralitoral e infralitoral, lo cual contribuye en la acumulación de MP.

La playa turística M₃ presentó los valores más bajos de MP pequeños y la zona infralitoral presentó la menor cantidad de MP grandes, lo cual pudiera estar relacionado al ser esta playa un barrio cerrado para el veraneo de

la clase alta y media-alta de la sociedad limeña, con los dispositivos de encerramiento, la reglamentación interna, la calidad de los servicios y la selección de los residentes²⁶.

Los MP de tipo fibra y fragmento fueron los predominantes en las tres playas. Los colores que predominaron en los MP pequeños y grandes en las tres playas fueron azules, blancos, rojos y amarillos. Los MP color azul poseen mayor amenaza para la fauna marina²⁷. Muchas especies de origen marino, como las aves marinas, ingieren estos plásticos confundiendo con sus presas²⁸ y los MP color blanco y amarillo son ingeridos accidentalmente por las comunidades planctónicas por su semejanza a sus presas²⁹, siendo un riesgo toxicológico que a través de la cadena alimentaria y la bioacumulación puede presentar un peligro para los seres humanos³⁰. Las partículas de MP con un mayor impacto ecológico son aquellas que tienen un tamaño menor a $20 \mu\text{m}$ ³¹.

La forma de los MP predominantes fueron: alargados, redondeados e irregulares provenientes de ropas sintéticas y red de pesca, que son arrojados en gran cantidad en las playas estudiadas. Alvarez-Zeferino⁵ señala que las playas turísticas presentan una mayor proporción de fibras y espuma generados por la degradación de bolsas y cubiertos plásticos. En este estudio, M₃ que es una playa turística presentó el predominio de fragmentos y fibras.

Tabla 5. Microplásticos (MP) encontrados en algunas playas de países latinoamericanos. NR = No registrado

País	Tipo de MP	Color	Referencia
Brasil	fibras, fragmentos	Azul, verde, blanco, amarillo, gris, rojo	2
Brasil	espuma	NR	13
Colombia	pellets	blanco, arena, gris	33
Colombia	pellets	Blanco	34
Guatemala	espuma, fragmentos, gránulos, microesferas y películas	blanco, transparente	29
México	fragmentos, espumas, fibras, películas	blanco, azul, verde	5
México	fibras, partículas, películas	azul, negro, rojo	24
Panamá	fibras, películas, esponjas, espumas, fragmentos	Incoloras, azules, blanco, verde, amarillo	32
Perú	fragmentos	pardo, morado, amarillo, transparente, blanco, azul, negro, verde, rojo	17
Perú	espuma, fibra, laminas, fragmentos, plástico duro	transparente, blanco	18
Perú	espuma, fragmentos,	Blanco	19
Uruguay	espuma, fragmentos	blancos, amarillos, ámbar, marrón	14

La escasa conciencia pública de la gestión de los residuos plásticos se convierte en una causa de la cantidad de MP en el medio ambiente, especialmente en arenas costeras³². La pesca y la acuicultura son dos sectores que contribuyen en la generación de MP³³, ocasionando problemas a nivel ecosistémico y salud ambiental por la toxicidad de sus componentes³⁴. En Perú se han llevado a cabo tres estudios de MP, obteniendo resultados similares a este estudio y con respecto a estudios internacionales principalmente latinoamericanos se ha obtenido resultados variables en dependencia de cada una de las localidades evaluadas (tabla 5)^{2,5,13,14,17-19,24,29,35,36}.

Una limitación del presente estudio es que no se cuenta con datos del perfil completo de las tres playas en relación al oleaje y velocidad de asentamiento (Ω), y tampoco se realizó el análisis de la composición química de los MP encontrado en las tres playas marinas del Departamento de Lima, Perú.

Se concluye que en relación a los MP la mayor concentración se encontró en la playa M₂ ubicada en el distrito de Ventanilla, mientras que la más baja concentración se encontró en la playa turística M₃ ubicada en el distrito de Asia. En la identificación de MP por zona (supralitoral e infralitoral) y por clasificación (pequeños y grandes) se ha evidenciado que en la Playa M₂, la zona supralitoral presentó mayor cantidad de MP pequeños en comparación a las playas M₁ y M₃. Respecto a MP grandes se evidenció una mayor cantidad de MP en la zona supralitoral en comparación al infralitoral para las tres playas. En la playa M₁ y M₂ predominaron los MP de tipo fibra y en la playa M₃ predominó los MP de tipo fragmento. La mayor cantidad de MP pequeños son de color azul y amarillo, forma alargada e irregular, proveniente de ropa sintética, alfombras y tubos. Respecto a MP grandes la mayor cantidad son de color azul oscuro, rojo, blanco y azul, de forma alargada, ovoide, y redondeada, proveniente de ropas sintéticas, alfombras, tubos y resinas.

Este trabajo está enfocado en hacer de conocimiento a toda la población y principalmente a las autoridades y funcionarios locales municipales sobre la acumulación, riesgo toxicológico potencial en los seres humanos que incluye irritación respiratoria, obesidad, enfermedad cardiovascular, asma y cáncer y finalmente un desbalance ecológico por MP en las diferentes playas evaluadas, las áreas precisas de muestro de MP para ser realizadas en otros periodos del año, y así tomar medidas de protección y cuidado para mejorar la salud ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Al apoyo económico de la Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad

Científica del Sur, Lima, Perú en base a los "Fondos para Proyectos de Tesis de Pregrado y posgrado-2019" (316-2019-PRE11) para la ejecución de la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Desforges J, Galbraith M, Ross P. Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. *Arch Environ Con Tox.* 2015; 69(3):320–30.
- Pereira-Monteiro RC, Ivar do Sul JA, Costa MF. Small microplastics on beaches of Fernando de Noronha Island, Tropical Atlantic Ocean. *Ocean Coast Res.* 2020; 68:e20235.
- Sarria R, Gallo J. La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: microplásticos. *Jou Cie Ing.* 2016; 8(1):21–7.
- Frías JPGL, Nash R. Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Mar Pollut Bull.* 2019; 138:145–7
- Alvarez-Zeferino JC, Ojeda-Benítez S, Cruz-Salas AA, Martínez-Salvador C, Vázquez-Morillas A. Microplastics in Mexican beaches. *Resour Conserv Recy.* 2020; 155:104633.
- Malankowska M, Echaide-Gorriza C, Coronas J. Microplastics in marine environment: a review on sources, classification, and potential remediation by membrane technology. *Environ Sci Water Res Technol.* 2021; 7:243–58.
- Díaz-Mendoza C, Mouthon-Bello J, Pérez-Herrera NL, Escobar-Díaz SM. Plastics and microplastics, effects on marine coastal areas: a review. *Environ Sci Pollut Res.* 2020; 27(32):39913–22.
- Tirkey A, Sheo L, Upadhyay B. Microplastics: An overview on separation, identification and characterization of microplastics. *Mar Pollut Bull.* 2021; 170:112604.
- Barboza L, Frías J, Booth A, Vieira L, Masura J, Baker J, Foster G, et al. Microplastics pollution in the marine environment. En: Sheppard, C. (Comp.). *World Seas: An Environmental Evaluation, Volume III: Ecological Issues and Environmental Impacts.* Elsevier. Países Bajos. 2019; pp. 329–51.
- De la Torre G, Mendoza L, Pilar R. Microplastic contamination in market bivalve *Argopecten purpuratus* from Lima, Peru. *Manglar.* 2019; 16(2):85–9.
- Rojo E, Montoto T. Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. *Ecologistas en acción.* 2017. Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/adjuntos-spip/pdf/informe-basuras-marinas.pdf>
- Blancard M, Choplin L, Mbaye M, Olivereau A. Un sistema de depósitos para botellas de plásticos en Lima: ¿una alternativa colectiva y exitosa para resolver el problema de la contaminación y de la creciente producción de plástico en el Perú? (Tesis). Lima: ESAN. 2019.
- Burigo-Marin C, Niero H, Zinke I, Pellizzetti MA, Santos PH, Rudolf AC, Beltrão M, et al. Marine debris and pollution indexes on the beaches of Santa Catarina State, Brazil. *Reg Stud Mar Sci.* 2019; 31:100771.
- Rodríguez C, Fossatti M, Carrizo D, Sánchez-García L, Teixeira de Mello F, Weinstein F, Lozoya JP. Mesoplastics and largemicroplastics along a use gradient on the Uruguay Atlantic coast: Types, sources, fates, and chemical loads. *Sci Total Environ.* 2020; 721:137734

15. Fernández J, Jiménez M, Allen T. Diversidad, abundancia y distribución de la macrofauna bentónica de las costas rocosas al norte del Estado Sucre, Venezuela. *Rev Biol Trop*. 2014; 62(3):947–56.
16. García D. Determinación de microplásticos en la zona conurbada de la bahía de Chetumal (Tesis). México: Universidad de Quintana Roo. 2016.
17. Iannacone J, Huyhua A, Alvaríño L, Valencia F, Príncipe F, Minaya D, Ortega J, et al. Microplásticos en la zona de marea alta y supralitoral de una playa arenosa del litoral costero del Perú. *Biologist (Lima)*. 2019; 17(2):335–46.
18. Purca S, Henostroza A. Presencia de microplástico en cuatro playas arenosas de Perú. *Rev peru biol*. 2017; 24(1):101–6.
19. De la Torre GE, Dioses DC, Castro JM, Antay R, Fernández NY, Espinoza-Moriberrón D, Saldaña-Serrano M. Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of Lima, Peru. *Mar Pollut Bull*. 2020;151:110877.
20. Besley A, Vijver M, Behrens P, Bosker T. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Mar Pollut Bull*. 2017; 114: 77–83.
21. Redondo P, Falahudin D, Peeters T, Koelmans A. Microplastic effect thresholds for freshwater benthic macroinvertebrates. *Environ Sci Technol*. 2018; 52:2278–86.
22. Yu X, Peng J, Wang J, Wang k, Bao S. Occurrence of microplastics in the beach sand of the Chinese inner sea: the Bohai sea. *Environ Pollut*. 2016; 214:722–30.
23. Sun J, Dai X, Wang Q, Van M, Jie B. Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. *Water Res*. 2019; 152:21–37.
24. Piñon T, Rodríguez R, Pastrana M, Rogel E, Toyohiko F. Microplastics on Sandy beaches of the Baja California Peninsula, Mexico. *Mar Pollut Bull*. 2018; 131:63–71.
25. Piperagkas O, Papageorgiou N, Karakassis I. Qualitative and quantitative assessment of microplastics in three sandy Mediterranean beaches, including different methodological approaches. *Estuar Coast Shelf Sci*. 2019; 219:169–75.
26. Matta R. "Asia" (Lima, Perú), barrios cerrados para vacaciones de lujo. *ORLA (ancienne série)*. 2007; 207:139–56.
27. Aslam H, Ali T, Mortula M, Attaelmanan A. Evaluation of microplastics in beach sediments along the coast of Dubai, UAE. *Mar Pollut Bull*. 2020; 150:110739.
28. Borges M, Lara M, Dzul R, Von J. Contaminación costera por plastificantes. *Jaina Bol Inf*. 2016; 27:1–37.
29. Mazariegos-Ortíz C, Rosales MA, Carrillo-Ovalle L, Cardoso RP, Muniz MC, dos Anjos RM. First evidence of microplastic pollution in the El Quetzalito sand beach of the Guatemalan Caribbean. *Mar Pollut Bull*. 2020; 156:111220.
30. Iannacone J, Príncipe F, Minaya D, Panduro G, Carhuapoma M, Alvaríño L. Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Rev investig vet Perú*. 2021; 32:e20038.
31. Beiras R, Schönemann A. Currently monitored microplastics pose negligible ecological risk to the global ocean. *Sci. Rep*. 2020; 10:22281.
32. Bangun A, Wahyuningsih H, Muhtadi U. Impacts of macro - and microplastic on macrozoobenthos abundance in intertidal zone. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2018; 122:012102.
33. Choudhury A, Sarmah R, Bhagabati S, Dutta R, Baishya S, Borah S, Pokhrel H., et al. Microplastic pollution: An emerging environmental issue. *J Entomol Zool Stud*. 2018; 6(6):340–4.
34. Delvalle-de-Borrero D, Duque JF, Olmos J, Garcés-Ordóñez O, Gurgel-de-Amaral SS, Vezzone M, Felizardo JPS, et al. Distribution of plastic debris in the Pacific and Caribbean beaches of Panama. *Air soil water res*. 2020; 13:1–8.
35. Acosta-Coley I, Olivero-Verbel J. Microplastic resin pellets on an urban tropical beach in Colombia. *Environ. Monit Assess*. 2015; 187:435.
36. Acosta-Coley I, Duran-Izquierdo M, Rodríguez-Cavallo E, Mercado-Camargo J, Mendez-Cuadro D, Olivero-Verbel J. Quantification of microplastics along the Caribbean Coastline of Colombia: Pollution profile and biological effects on *Caenorhabditis elegans*. *Mar Pollut Bull*. 2019; 146:574–83.