

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CUATRO PLAYAS DE TACNA, PERÚ UTILIZANDO ÍNDICES BASADOS EN DESECHOS MARINOS

Quality assessment of four beaches in Tacna, Peru using indices based on marine debris

Carla Isbel ZORRILLA HERRERA¹ y José IANNAONE^{1,2*}

¹ Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Científica del Sur, Panamericana Sur km 19, Villa, C.P. 15067, Lima, Perú.

² Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Grupo de Investigación de Sostenibilidad Ambiental GISA. Universidad Nacional Federico Villarreal, Río Chepén s/n, El Agustino, C.P. 15007, Lima, Perú.

*Autor para correspondencia: joseiannacone@gmail.com

(Recibido: febrero 2024; aceptado: mayo 2024)

Palabras clave: clasificación de playas, densidad de desechos marinos, índice de equidad de Pielou, Índice de costa limpia, índice de diversidad de Shannon-Wiener.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar los índices de calidad de desechos marinos durante la temporada de verano en cuatro playas (Los Palos, Tres Cruces, Caleta Vila Vila y Los Hornos) de la región de Tacna, Perú. Se tomó un área de 100 m² para cada una de las cuatro playas, en las que se recolectaron siete categorías de desechos marinos: plástico, metal, vidrio, papel, tela, caucho y desechos peligrosos, en intervalos de cada 15 días en seis visitas. El principal desecho encontrado fue el plástico (54.18 %), seguido por el papel (26.10 %), y el metal (10.25 %). Se determinaron seis índices basados en desechos marinos: Densidad de desechos marinos, en donde la playa con mayor densidad fue Los Palos; dos índices de diversidad: el de Shannon-Wiener y el de equidad de Pielou, encontrándose que las cuatro playas fueron bajas en diversidad y con dominancia de los residuos de plástico. Finalmente, tres índices de calidad: el Índice general mostró que la Playa Los Hornos está en la categoría "Limpio" y las otras playas en "Sucio". El Índice de costa limpia presentó a la playa Los Hornos en "Limpio" y las otras tres playas en "Moderado". Para el Índice de artículos peligrosos, se evidencia que la playa Tres Cruces está en la "Clase III", la playa Los Hornos en la "Clase V" y las otras dos playas en la "Clase IV". Se concluye que los índices de calidad basados en desechos marinos permiten clasificar las playas de Tacna, Perú, evidenciando en Los Palos el mayor impacto por residuos de plástico.

Key words: Beach classification, Clean coast index, marine litter density, Pielou equity index, Shannon-Wiener index.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the quality indices of marine debris during the summer season on four beaches (Los Palos, Tres Cruces, Caleta Vila Vila and Los Hornos) in the region of Tacna, Peru. An area of 100 m² was taken for each of the four beaches, where seven categories of marine debris were collected: plastic, metal,

glass, paper, fabric, rubber and hazardous waste, at intervals of every 15 days in six visits. The main waste found was plastic (54.18%), followed by paper (26.10%), and metal (10.25%). Six indices based on marine debris were determined: Density of Marine Debris where the beach with the highest density was Los Palos; two diversity indices, Shannon-Wiener and Pielou equity, finding that the four beaches were low in diversity and dominated by plastic waste. Finally, three quality indices, where the General Index showed that Los Hornos Beach is in the "Clean" category and the other beaches in "Dirty". The Clean Coast Index presented Los Hornos beach in "Clean" and the other three beaches in "Moderate". For the Dangerous Goods Index, it is evident that Tres Cruces beach is in "Class III", Los Hornos beach in "Class V" and the other two beaches in "Class IV". It is concluded that quality indices based on marine waste allow the beaches of Tacna, Peru to be classified, showing in Los Palos the greatest impact due to plastic waste.

INTRODUCCIÓN

La generación continua de residuos sólidos representa una gran amenaza para el ambiente y la salud humana, siendo necesario tomar medidas para solucionar este problema de salud pública, desde el manejo hasta la disposición final (Dulanto 2013). La basura marina se define como la materia sólida fabricada o procesada que se descarga o transporta al medio marino (Jeftic et al. 2009); este es un término genérico que engloba varios tipos de residuos, tales como de plástico, madera, metal, caucho, tela y vidrio (Simeonova y Chuturkova 2019, Vesman et al. 2020). La basura marina representa importantes amenazas para la seguridad y la salud de los ecosistemas marinos (Serra-Goncalves et al. 2019); de ésta, el plástico es el residuo predominante, ya que representa entre el 61 % y el 87 % del total (Barboza et al. 2020).

En la actualidad, la generación de basura marina, especialmente de plástico, es un problema complejo (Willis et al. 2017). El daño que causa a la sociedad y al medio marino es inmensurable e irreversible (Williams y Rangel-Buitrago 2019). Su impacto abarca escalas locales, regionales, nacionales y globales, incluyéndose la salud humana (Campbell et al. 2016), la economía y la percepción pública (Williams et al. 2016a, Corraini et al. 2018), la estética (Williams et al. 2016b, Rangel-Buitrago et al. 2017) y las interacciones biológicas (Rech et al. 2016, Gracia et al. 2018).

Perú genera casi 8 millones de toneladas de residuos anualmente, de los cuales el 46 % está representado por el plástico. Alrededor de 600 especies son dañadas por la basura marina (SPDA 2021). En el 2018, se encontró una tortuga muerta por ingesta de plástico, además se calcula que para el año 2050 el 99 % de las aves marinas habrá ingerido plástico (SPDA 2021).

Millones de personas van a la playa por diversos motivos. A menudo traen alimentos y objetos para jugar, hacer ejercicio y protegerse del sol, y de forma intencionada o no, dejan en tierra artículos de plástico, como recipientes de comida de poliestireno, pajitas para beber, sandalias, vasos, cubiertos desechables, pañales desechados, cubos, juguetes, cigarrillos, bolsas, paquetes de golosinas, entre otros (ACOREMA 2019).

En el año 2015, la Resolución Ministerial N° 811-2015 (MINSA-DIGESA 2015) estableció el "Procedimiento de evaluación de la calidad sanitaria de las playas costeras del Perú", en el que cada autoridad de salud de su jurisdicción es responsable de la supervisión sanitaria, teniendo en cuenta que el objetivo es controlar y prevenir diversos factores de contaminación. En la evaluación de la salud de las playas se tienen en cuenta tres criterios: 1. Control de calidad microbiológica, 2. Control de calidad de limpieza y 3. Comprobar la presencia de servicios de atención sanitaria. Para recibir una calificación de "Saludable", se debe cumplir plenamente con los tres criterios anteriores; de lo contrario, recibirá una calificación de "No saludable" (DIGESA 2022).

En la región de Tacna, Perú, la Dirección Regional de Salud (DIRESA) es la autoridad de salud encargada de realizar el monitoreo para determinar la calidad de las playas, a partir de lo estipulado en la Directiva Sanitaria N° 038 (MINSA-DIGESA 2010b), la cual indica que la variable de Limpieza de playa es dividida en tres rangos: a) Ausencia de residuos, b) Con presencia de residuos sólidos de 1 a 15 en 10 m² y c) Con más de 15 residuos sólidos en 10 m², para así calificarlas en "Buena", "Regular" y "Mala". En adición, los recipientes para residuos sólidos, son divididos en dos rangos: a) Disponibles y en buen estado, y b) No disponibles o en mal estado; para así, calificarlos en "Presencia" y "Ausencia"

respectivamente. Para la disponibilidad de servicios higiénicos se divide en dos rangos: a) Disponibles, limpios y en funcionamiento, y b) No disponibles o están sucios o no funcionan, para así poder calificarlos como: “Presencia” o “Ausencia”, respectivamente (DIRESA 2020).

Tacna es un departamento del sur de Perú que cuenta con una serie de atractivos naturales, entre los cuales destacan las playas; además es una de las principales puertas de entrada al Perú, con un gran potencial turístico (MINCETUR 2020ab). Según el Reporte del Índice de calidad sanitaria, en el cual se evalúan los aspectos mencionados anteriormente solo 11 playas de las 25 que existen en la región de Tacna son consideradas saludables (DIRESA 2020). En ese contexto, para una adecuada gestión municipal de la basura marina en las playas marino costeras de Tacna es importante contar con nuevas herramientas como son los índices basados en desechos marinos y los índices de diversidad con base en la basura marina. Considerando lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad de cuatro playas de Tacna, Perú utilizando índices basados en desechos marinos durante la época de verano 2022-2023. Para ello se caracterizaron los desechos marinos en las cuatro playas de estudio, se compararon los índices de calidad de playas encontrados en las cuatro playas del

estudio y se determinaron los índices de Diversidad de Shannon-Wiener y de equidad de Pielou.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Tacna cuenta con 25 playas, de las cuales se estudiaron cuatro (DIRESA 2020). La elección de las playas para el estudio se basó en el estudio de DIRESA Tacna del año 2020, considerando dos playas con la categorización de “Saludable” (**Fig. 1**): a) Los Palos (Latitud: -18.2971 y Longitud: -70.4477 , ubicada en el kilómetro 1317, a 15 km de la Panamericana región Tacna, provincia Tacna, distrito La Yarada) y b) Tres Cruces (Latitud: -18.0842 y Longitud: -70.755 , ubicada en el km 1254 a 44 km de la Panamericana región Tacna, provincia Jorge Basadre, distrito Sama). Se incluyeron también dos playas con la categorización de “No saludable” (**Fig. 1**): a) Caleta Vila Vila (Latitud: -18.1174 y Longitud: -70.727 , que se ubica en el kilómetro 1304, a 35 km de la Panamericana región Tacna, provincia Tacna, distrito Tacna) y b) Los Hornos (Latitud -18.1401 Longitud: -70.7019 , ubicada en el kilómetro 1303, a 40 km de la Panamericana región Tacna, provincia Tacna distrito Tacna).

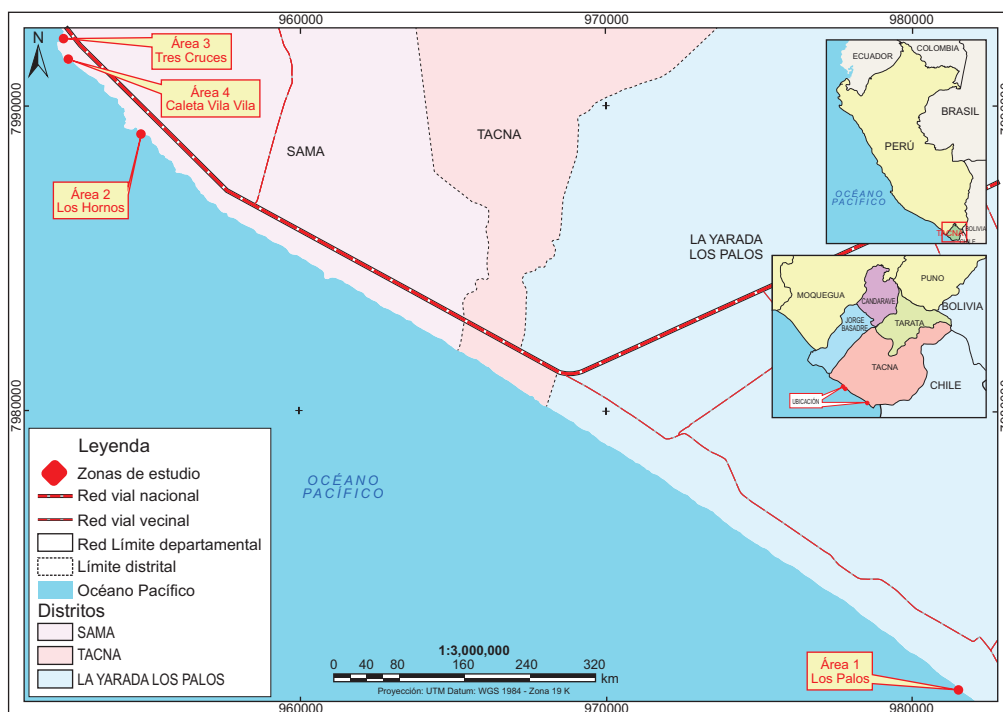


Fig. 1. Ubicación de las cuatro playas del estudio en Tacna, Perú.

Diseño del muestreo

El muestreo y colecta se realizaron entre los meses de noviembre de 2022 y febrero de 2023, época en la que inicia y ocurre el verano y donde la afluencia de personas es mayor, tanto de pobladores locales como de extranjeros. Se realizaron dos visitas en cada mes con un intervalo de 15 días entre cada una, siendo en total seis visitas (V) por playa. Las fechas de evaluación fueron: (V1) 11/12/2022; (V2) 25/12/2022; (V3) 8/01/2023; (V4) 22/1/2023; (V5) 5/2/2023, y (V6) 19/02/2023; en la visita 0 se llevó a cabo la delimitación del área de muestra (27/11/2022), y no se realizó ninguna evaluación de la basura marina.

El estudio se basó en el protocolo de Veerasingam et al. (2020), enfocándose en los residuos superficiales de la arena, desde la orilla en un área de 100 m² considerando las dimensiones de 5 m de ancho y 20 m de largo en paralelo a la línea de la marea. Se utilizó un GPS para delimitar el área de estudio. Para la recolección de los residuos encontrados se utilizaron guantes y bolsas para cada categoría de desecho recolectado. Luego de cada visita, los residuos recolectados fueron depositados en contenedores de la municipalidad. Los elementos recolectados se categorizaron en siete ítems: plástico, metal, vidrio, papel, tela, caucho y desechos peligrosos (Simeonova y Chuturkova 2019, Vesman et al. 2020). El registro de los datos se hizo en función de cada ítem encontrado en cada visita, independientemente del tamaño del ítem y sólo se contabilizaron los desechos hallados dentro del área de estudio de 100 m² previamente delimitada.

Análisis de la información

Se calcularon los siguientes índices basados en basura marina y en diversidad:

Densidad de desechos marinos (CML), por su sigla en inglés). Se calcula según Lippiatt et al. (2013) de la siguiente manera:

$$CML = \frac{N}{w \times l}$$

Donde:

CML es la densidad de desechos marinos (ítems/m²). N es el número de elementos de residuos contados. w es el ancho (m) de la playa muestreada. l es la longitud (m) de la playa muestreada.

Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H'). Es una medida de diversidad que se basa en el número de desechos marinos y la presencia relativa de desechos marinos (Valdez et al. 2018, Dalu et al. 2019). Este

índice se utilizó para conocer la diversidad de ítems en relación con los desechos marinos encontrados en el estudio. Se calculó como:

$$H' = -\sum fr \times \ln(fr)$$

Donde:

fr es la frecuencia relativa de cada ítem de desecho marino, que para este estudio es el equivalente al número de ítems (según el tipo de desechos recolectados por visita) / total de ítems recolectados por visita.

Índice de equidad de Pielou (E). Es una métrica que se utilizó para medir la heterogeneidad de la muestra de una población basada en las distribuciones de frecuencia relativa de los ítems de desechos marinos. Cuando la homogeneidad de los grupos marinos es alta, la prevalencia de un desecho marino en particular se vuelve más baja (Pumasupa et al. 2021). Se calculó como:

$$E = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:

$$H'_{\max} = \ln S$$

S es el número total de ítems de desechos marinos. Se consideró el cálculo para cada visita.

De igual forma se determinaron los siguientes índices de calidad de playas:

Índice general (IG). El IG aplicado en este estudio fue el mismo que se sugirió para el Índice de costa limpia, sin embargo, se incluyó todo tipo de residuos en lugar de solo plástico (Marin et al. 2019).

$$IG = \frac{(N^{\circ} \text{ total de residuos})}{(\text{Área total muestreada}) * k}$$

El coeficiente k es 20 (Alkalay et al. 2007).

Índice de costa limpia (CCI), por su sigla en inglés). Se utilizó para determinar el nivel de limpieza de la costa y exclusivamente para artículos de plástico (Alkalay et al. 2007). Se basa en la siguiente ecuación:

$$CCI = \frac{(N^{\circ} \text{ total de plástico})}{(\text{Área total muestreada}) * k}$$

El CCI se determina en función del número de artículos de desechos de plástico en el área total muestreada de la playa y el coeficiente k es 20. Según Vlachogianni et al. (2018), y Kalnasa et al. (2019), los valores de la escala CCI se clasifican en cinco categorías (**Cuadro I**).

CUADRO I. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE COSTA LIMPIA.

Valor	Clasificación
0 – 2	Muy limpio
2 – 5	Limpio
5 – 10	Moderado
10 – 20	Sucio
>20	Extremadamente sucio

Índice de costa limpia basado en Alkalay et al. (2007).

Índice de artículos peligrosos (HII, por su sigla en inglés). Con este índice se determinó la probabilidad de que alguien sea afectado en la playa por elementos peligrosos como objetos punzantes (metal y vidrio) y residuos peligrosos (residuos industriales que pueden causar lesiones fisiológicas directas e indirectas, es decir, residuos médicos y tabaco). Se calculó sobre la base del total de residuos peligrosos por m², teniendo en cuenta la proporción de residuos peligrosos registrados en el total de residuos encontrados por cada área de estudio (Maleki y Soria 2020).

El HII de cada playa se calculó mediante la fórmula:

$$HII = \frac{(\text{Artículos de basura peligrosos})}{\frac{(\log 10(\text{Total de artículos de basura}))}{(\text{área muestreada total}) * k}}$$

Según Mugilarasan et al. (2021), este índice permite la evaluación de la calidad ambiental de la playa en términos de artículos peligrosos y son categorizados en cinco clases (**Cuadro II**).

Los datos recolectados fueron colocados en cuadros para así determinar los índices anteriormente mencionados para su posterior análisis y establecer en qué clasificación estarían las playas con los resultados obtenidos. Además, se verificó si las cuatro playas estudiadas presentaban servicios higiénicos en funcionamiento y contenedores de basura (MINSA-DIGESA 2010a, b).

RESULTADOS

Se llevó a cabo la recolección de basura en cada área delimitada, obteniéndose los datos presentados en el **cuadro III**. Se recolectó un total de 1268 desechos en las seis visitas realizadas. Del total de ítems recolectados, el de mayor incidencia fue el plástico con un 54.18 %, siendo en su mayoría envases de poliestireno expandido, botellas, vasos descartables, bolsas y tapas de botellas. El papel ocupa el segundo lugar con un 26.11 % al encontrarse restos de servilletas y papel higiénico. En tercer lugar, se encuentra el metal con un 10.25 %, en esta categoría se resalta que principalmente se encontraron chapas de botella de cerveza y gaseosa y también latas de cerveza. Los desechos peligrosos se encuentran en cuarto lugar con un 3.54 % correspondiendo a mascarillas, restos de pirotecnia y pilas. La tela constituye el 2.84 % del total, incluyéndose principalmente restos de pañitos húmedos. Por otra parte, el vidrio representó el 2.76 %, en su mayoría botellas de cerveza. Finalmente, el caucho conforma el 0.32%, en esta categoría se encontraron trozos de llantas.

Con los datos obtenidos se determinaron los índices de H' y E para las cuatro playas (**Cuadro IV**), los cuales resultaron ser bajos. La playa que presentó los valores más bajos para ambos índices fue la playa Tres Cruces.

Con los datos obtenidos en el IG (**Cuadro IV**) las playas Los Palos, Caleta Vila Vila y Tres Cruces están en la categoría de “Sucio”, mientras que la playa Los Hornos está en la categoría “Limpio”. Con los datos obtenidos con el CCI (**Cuadro IV**) se determinó que las playas Los Palos, Caleta Vila Vila y Tres Cruces están en la categoría de “Moderado”, y que la playa Los Hornos está en la categoría “Limpio”, para ambos índices.

De acuerdo con los datos de los índices IG y CCI es evidente que la playa con el menor promedio es Los Hornos (**Cuadro IV**). En las otras tres playas la diferencia de densidad entre ellas es mínima; sin embargo, la playa que tiene mayor densidad de

CUADRO II. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE ARTÍCULOS PELIGROSOS (HII).

HII	Clase	Descripción
0	I	No se observan desechos peligrosos
0.1-1	II	Se observa poco o ningún desecho en un área grande
1.1-4	III	Se ve una cantidad considerable de desechos peligrosos
4.1-8	IV	Hay muchos artículos de desechos peligrosos en la playa
+8	V	La mayor parte del área está cubierta por desechos peligrosos

Índice de artículos peligrosos basado en Rangel-Buitrago et al. (2009).

CUADRO III. DESECHOS MARINOS ENCONTRADOS EN LAS CUATRO PLAYAS DE TACNA (PERÚ) POR CADA VISITA, SEPARADOS POR TIPO DE DESECHO EN LA ÉPOCA DE VERANO 2022- 2023.

Playas	Tipo de desecho marino							Total
	Plástico	Metal	Vidrio	Papel	Tela	Caucho	Desechos peligrosos	
Visita 1 (11/12/2022)								
Los Palos	100	4	1	31	0	0	4	140
Los Hornos	7	0	0	8	1	0	1	17
Caleta Vila Vila	85	26	13	48	5	1	9	187
Tres Cruces	56	1	0	34	4	0	0	95
Total	248	31	14	121	10	1	14	439
Visita 2 (25/12/2022)								
Los Palos	23	1	1	23	2	1	0	51
Los Hornos	15	1	0	1	2	0	0	19
Caleta Vila Vila	19	4	0	13	1	0	1	38
Tres Cruces	84	0	10	12	0	0	7	113
Total	141	6	11	49	5	1	8	221
Visita 3 (08/01/2023)								
Los Palos	23	5	1	21	6	0	2	58
Los Hornos	8	3	0	5	1	0	7	24
Caleta Vila Vila	19	25	0	8	0	0	0	52
Tres Cruces	12	3	1	10	1	1	1	29
Total	62	36	2	44	8	1	10	163
Visita 4 (22/01/2023)								
Los Palos	14	9	1	20	4	0	2	50
Los Hornos	7	1	1	2	0	0	2	13
Caleta Vila Vila	11	2	0	6	1	0	1	21
Tres Cruces	18	0	0	6	1	0	0	25
Total	50	12	2	34	6	0	5	109
Visita 5 (05/02/2023)								
Los Palos	28	14	3	9	1	0	1	56
Los Hornos	13	4	1	5	1	0	3	27
Caleta Vila Vila	10	6	0	10	0	0	1	27
Tres Cruces	34	5	1	18	0	0	0	58
Total	85	29	5	42	2	0	5	168
Visita 6 (19/02/2023)								
Los Palos	23	4	0	17	0	1	1	46
Los Hornos	15	2	1	7	0	0	1	26
Caleta Vila Vila	42	8	0	0	3	0	0	53
Tres Cruces	21	2	0	17	2	0	1	43
Total	101	16	1	41	5	1	3	168

desechos marinos, con base en el IG y el CCI, es la playa Los Palos.

El HII indica que Los Palos y Caleta Vila Vila están en la categoría IV, la cual indica que hay muchos artículos peligrosos en la playa; en el caso de Tres

Cruces se encuentra en la categoría III, que revela la presencia de una cantidad considerable de artículos peligrosos, y finalmente la playa Los Hornos se encuentra en la categoría V, que muestra que la mayor parte del área está cubierta por desechos peligrosos;

CUADRO IV. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (H'), DE EQUIDAD DE PIELOU (E), ÍNDICE GENERAL (IG), ÍNDICE DE COSTA LIMPIA (ICC), DENSIDAD DE DESECHOS MARINOS (CML) E ÍNDICE DE ARTÍCULOS PELIGROSOS (HII) DE LAS CUATRO PLAYAS, TACNA, PERÚ.

Índices/ Playas	Los Palos	Los Hornos	Caleta Vila Vila	Tres Cruces
H'	1.18	1.18	1.10	0.98
E	0.29	0.35	0.29	0.26
IG	13.37	4.20	12.60	12.10
IG Categoría	Sucio	Limpio	Sucio	Sucio
CCI	7.03	2.17	6.20	7.50
CCI Categoría	Moderado	Limpio	Moderado	Moderado
CML	0.67	0.21	0.63	0.61
CML Categoría	Media	Baja	Media	Media
HII	4.46	8.74	5.04	3.92
HII Categoría	IV	V	IV	III

esto se debe al hallazgo de varios artículos pirotécnicos y pilas luego de las fiestas de navidad y año nuevo (**Cuadro IV**).

En síntesis, con los resultados obtenidos luego del cálculo de los cuatro índices de calidad de playas se obtiene que las playas Los Palos, Caleta Vila Vila y Tres Cruces están dentro de la categoría de “Sucio”, mientras que la playa Los Hornos está en la categoría de “Moderado” (**Fig. 2**).

Con respecto a la presencia de contenedores de basura y servicios higiénicos se verificó que las cuatro playas tenían servicios higiénicos (**Cuadro V**), sin embargo, en el caso de Tres Cruces, las veces que se acudió a recolectar muestras, los servicios no estaban operando. En relación con la presencia de contenedores de basura se determinó que tres playas

cuentan con estos contenedores, proporcionados por la municipalidad, y la única playa que no tiene contenedor municipal es la playa Tres Cruces, en la cual sólo se evidenciaron cilindros para colocar

CUADRO V. PRESENCIA DE CONTENEDORES DE BASURA Y DE SERVICIOS HIGIÉNICOS DE LAS CUATRO PLAYAS EN TACNA, PERÚ.

Playa	Contenedor de basura	Servicios higiénicos
Los Palos	Sí	Sí
Los Hornos	Sí	Sí
Caleta Vila Vila	Sí	Sí
Tres Cruces	No	No

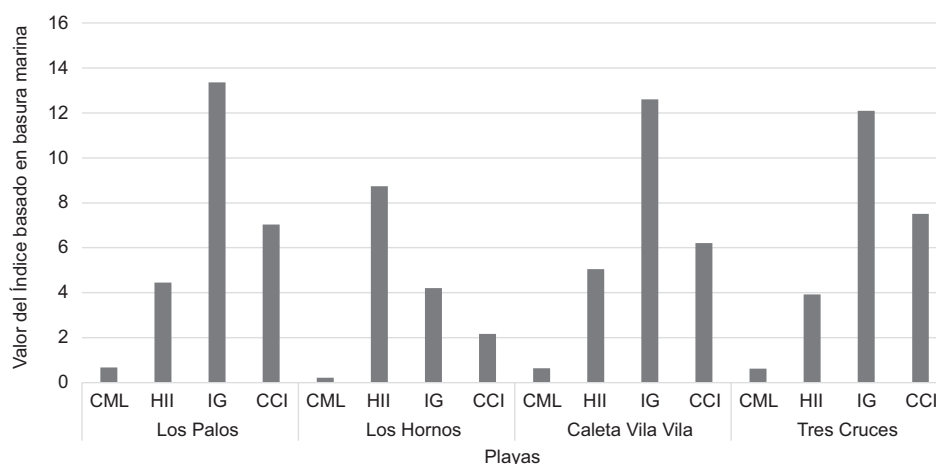


Fig. 2. Promedio de los cuatro índices de calidad de playas (CML, HII, IG, CCI) en Tacna, Perú. CML = Densidad de Desechos Marinos. HII = Índice de Artículos Peligrosos. IG = Índice General. ICC = Índice de Costa Limpia.

los residuos; además de ello, cabe resaltar que en la playa Los Hornos la mayoría de los contenedores de basura estaban más próximos a la zona residencial y que en la zona donde estaban los servicios higiénicos sólo había un cilindro que era utilizado para dejar la basura.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a los reportados por Gambini et al. (2019), quienes evaluaron durante invierno la playa San Pedro de Lurín, Lima, Perú, y determinaron que el material predominante fue el plástico, seguido de caucho, papel, vidrio, metal, madera y tela. La playa San Pedro es una playa marina muy concurrida durante el verano y está bajo la influencia de la corriente de Humboldt, al igual que las cuatro playas de Tacna.

Es reconocido que el plástico es el principal desecho encontrado en las playas (Iñiguez et al. 2016). Daniel et al. (2019) al registrar seis playas de las costas de la India, reportaron 11 335 desechos de los cuales el 73 % eran residuos de plástico. Además de ello, según la investigación de Jambeck et al. (2015), cada año más de 8 mil toneladas de plástico llegan a los océanos. Asimismo, Blondet et al. (2023), en una evaluación de residuos sólidos en las playas de la Costa Verde en Lima, Perú, encontraron que la categoría más representativa de residuos sólidos es el plástico con un 67 %, seguido del papel representado con un 11 % y la madera con un 8 %.

El plástico causa el mayor daño, provocando que los animales sufran lesiones, cortes, asfixia o ahogamiento por enredos (Iñiguez et al. 2016, Agamuthu et al. 2019). En nuestro estudio, el plástico fue el desecho con mayor predominancia y, dentro de éste,

el tipo de plástico más encontrado fue el polipropileno. Éste es un material muy liviano, se rompe e hincha rápidamente y puede mezclarse fácilmente con otros productos alimenticios y ser consumido por pájaros y mamíferos, entre otros, provocando asfixia y sensación de estancamiento, haciendo que los animales dejen de comer y terminen muriendo lentamente de hambre (Sheavly y Register 2007). Los metales como las latas y las tapas de cerveza también pueden causar contaminación adicional. La tela estuvo representada por trapos y pañitos húmedos; Zhou et al. (2011) encontraron un porcentaje bajo de este tipo de residuos (1.4 %) en su estudio al sur de China. Solano y Buitrón (2019) en su estudio en el puerto de Salaverry (Perú), reportaron un total de 7 % en metales, y Topçu et al. (2013) determinaron un contenido de metal muy bajo (menor al 1 %) en comparación con materiales como vidrio, papel y madera en las playas a lo largo de la costa del Mar Negro en el oeste de Turquía (**Cuadro VI**).

En función al IG, la playa Los Hornos fue catalogada en la categoría de “Limpia”, mientras que a las demás se les asignó a la categoría de “Sucio”. Los resultados sugieren que las personas que más frecuentan la playa Los Hornos son residentes, quienes tratan de mantener la playa limpia, de ahí la baja cantidad de residuos que se dejan. La basura marina en Los Hornos es menor a la de las playas Los Palos, Caleta Vila Vila y Tres Cruces, donde existen varios restaurantes, que no se observan en la playa primera, en la cual solo los fines de semana hay un pequeño puesto que expende alimentos. Estas características de cada una de las cuatro playas influyen directamente en relación con los residuos de plástico (CCI), los cuales, coincidentemente hacen que la playa Los Hornos esté en la categoría “Limpia” y las demás en la categoría “Moderado”.

CUADRO VI. COMPARACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS DE TIPOS DE BASURA MARINA OBTENIDOS EN LA LITERATURA Y LOS ENCONTRADOS EN EL PRESENTE ESTUDIO.

Categoría	Autor				
	Zhou et al. (2011)	Solano y Buitron (2019)	Topçu et al. (2013)	Gambini et al. (2019)	Presente estudio
Plástico				73 %	54.18 %
Tela	1.40 %			1%	2.84 %
Metal		7 %	< 1 %		10.25 %
Papel				9 %	26.11 %
Vidrio				3 %	2.76 %
Madera				2 %	0 %
Caucho				9 %	0.32 %
Desechos peligrosos					3.54 %

El índice HII evidencia que hay muchos ítems de artículos peligrosos en las playas Los Palos y Caleta Vila Vila (categoría IV), mientras que en la playa Tres Cruces se ve una cantidad considerable de artículos peligrosos (categoría III), pero en el caso de la playa Los Hornos se determina que la mayor parte está cubierta por artículos peligrosos (categoría V). En ninguna de las cuatro playas se evidenció una clasificación baja de este índice debido a que dada la coyuntura actual del país, al estar finalizando el periodo de pandemia COVID-19, se registraron mascarillas en las playas y colillas de cigarros en las cuatro; sin embargo, lo que hace que la playa Los Hornos se encuentre en la categoría más alta es porque se encontraron restos de pirotecnia y baterías en las fechas más próximas a las festividades de navidad y año nuevo.

Según lo encontrado en la página web del Ministerio de Salud (MINSA) del Perú (MINSA 2017), en la inspección realizada por la Dirección Regional de Salud Tacna el 6 de marzo de 2023, la playa que fue categorizada como “Saludable” es la playa Caleta Vila Vila, puesto que es la única, para ellos, que presenta los tres ítems requeridos por la Directiva Sanitaria N°038 (MINSA-DIGESA 2010b): Calidad Microbiológica, Calidad de Limpieza y Presencia de Servicios Higiénicos, mientras que las playas Los Palos, Los Hornos y Tres Cruces están en la categoría de “No Saludable”, por no cumplir con uno o más requisitos. Comparando estos datos con los resultados encontrados en el estudio la única playa que podría considerarse “Limpia” o “Moderadamente Limpia” sería la playa Los Hornos, mientras que las demás estarían en la categoría de “Sucia”.

A pesar de que la toma de muestras y análisis llevados a cabo por DIRESA Tacna se realizaron en intervalos de una por semana, desde mediados de noviembre hasta mediados de abril y luego de manera quincenal, se recomienda que las visitas quincenales se inicien hasta mediados de marzo, puesto que al comenzar la etapa escolar la afluencia de personas a la playa disminuye; se sugiere también que las tomas de muestras se realicen los fines de semana, que es donde sí hay afluencia de personas.

Al utilizar los índices de calidad de playas descritos en la presente investigación, esta podría considerarse un aporte complementario a lo señalado para el cálculo del índice de calidad sanitaria de playa según componentes detallados en Decreto Supremo 038 (MINSA – DIGESA 2010a, b). Los índices basados en basura marina proporcionan una evaluación inicial de la calidad en función de los desechos marinos encontrados. Sin embargo, si estos índices indican una baja calidad de las playas, sería fundamental

realizar estudios microbiológicos más exhaustivos con coliformes termotolerantes, para confirmar y entender mejor la naturaleza y la extensión de la contaminación microbiológica.

De igual forma, para evaluar la calidad sanitaria de las playas sería más apropiado emplear los índices de calidad y de diversidad, debido a que si la playa presenta valores altos de residuos sólidos estos podrían ocasionar lesiones o muerte de la biota animal como los mamíferos, aves y tortugas marinas, que podrían confundir a la basura marina con su alimento (Agamuthu et al. 2019).

Asimismo, los desechos marinos producen impactos negativos al ecosistema marino y provocan efectos sobre la salud y la economía humana ya que pueden ser una fuente importante de diversos contaminantes químicos, los cuales pueden absorber sustancias químicas en su superficie. Finalmente, a la basura marina se pueden adherir especies exóticas invasoras (Iñiguez et al. 2016, Agamuthu et al. 2019). Entre la basura marina, los residuos de plástico se pueden fragmentar en pequeños trozos, convirtiéndose en micropartículas de plástico (con un diámetro inferior a 5 mm), que son ingeridas por los animales, siendo por tanto muy perjudiciales para la vida marina y para el ser humano (Agamuthu et al. 2019, García et al. 2023).

Además, la degradación del paisaje debido a la acumulación de escombros es estéticamente desagradable, lo que resulta en una disminución del turismo y la consiguiente pérdida de ingresos.

La basura marina varada y acumulada en las cuatro playas de Tacna, cuantificada mediante los índices de calidad de desechos marinos supone un grave efecto visual y estético para los turistas y bañistas locales, limitando el disfrute general de la playa y ocasionando una disminución del turismo costero y de los ingresos correspondientes (Brouwer et al. 2017). Sin embargo, no se tiene información publicada en estas cuatro playas sobre el efecto social de la basura marina en la disminución de visitantes. Otro aspecto social importante es conocer la percepción de los visitantes a las playas para ofrecerse como voluntarios en programas de limpieza de playas, y su disposición a pagar una tarifa de entrada o aumentar el impuesto local para limpiar la basura marina (Iñiguez et al. 2016, Brouwer et al. 2017, Agamuthu et al. 2019).

Identificar el tipo de residuo marino encontrado en mayor proporción en las playas puede contribuir a tomar mejores medidas para su control. La implementación de diversas medidas puede generar una adecuada educación ambiental en los pobladores y visitantes de estas playas. Por último y no menos

importante, este estudio permite servir de base al Gobierno regional de Tacna, Perú para determinar los índices de calidad de playas en las demás playas que tiene dentro de su región.

CONCLUSIONES

El principal desecho encontrado en las seis visitas a las cuatro playas en Tacna (Perú) en la época de verano 2022-2023, ha sido el plástico, seguido por el papel, metal, tela, desechos peligrosos y finalmente el caucho.

Con relación a la Densidad de Desechos Marinos (CML) la playa con mayor densidad fue Los Palos, mientras que la de menor densidad fue Los Hornos.

Los índices de diversidad de Shannon – Wiener (H') y de Equidad de Pielou (E) en las cuatro playas determinan que hay baja diversidad de residuos sólidos y, además, hay ausencia de uniformidad porque el plástico es el ítem más dominante y abundante.

Mediante el análisis del Índice General (IG) se concluye que las playas Los Palos, Caleta Vila Vila y Tres Cruces están en la categoría de “Sucio”, mientras que la Playa Los Hornos está en la categoría “Limpio”. Por otro lado, en el Índice de Costa Limpia (CCI) las playas Tres Cruces, Caleta Vila Vila y Los Palos están en la categoría de “Moderado”, mientras que la playa Los Hornos está en la categoría “Limpio”.

Finalmente, el índice de artículos peligrosos (HII) nos permite concluir que las playas Los Palos, y Caleta Vila Vila están en la “Clase IV”, la playa Tres Cruces en la “Clase III” y la playa Los Hornos en la “Clase V”.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Científica del Sur y a la Universidad Nacional Federico Villarreal de Lima, Perú por el apoyo en el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- ACOREMA (2019). La contaminación marina por plásticos. Información básica para docentes de primaria. Acorema, Lima, Perú, 28 pp. [en línea]. bit.ly/4bhRzJ3 06/09/23
- Agamuthu P., Mehran S., Norkhairah A. y Norkhairiyah A. (2019). Marine debris: A review of impacts and global initiatives. *Waste Management and Research* 37 (10), 987-1002. <https://doi.org/10.1177/0734242X19845041>
- Alkalay R., Pasternak G. y Zask A. (2007). Clean Coast Index: A new approach to assessing the cleanliness of beaches. *Ocean and Coastal Management* 50 (5-6), 352-362. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2006.10.002>
- Barboza L. G. A., Lopes C., Oliveira P., Bessa F., Otero V., Henriques B., Raimundo J., Caetano M., Vale C. y Guilhermino L (2020). Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure. *Science of the Total Environment* 717, 134625. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134625>
- Blondet D., Plaza-Salazar A. y Barona D. (2023). Evaluación de los residuos sólidos encontrados en playas de la Costa Verde, Lima, Perú, durante el invierno de 2021. *South Sustainability* 4 (1), e070. <https://doi.org/10.21142/SS-0401-2023-e070>
- Brouwer R., Hadzhiyska D., Ioakeimidis C. y Ouderdorp H. (2017). The social costs of marine litter along European coasts. *Ocean and Coastal Management* 138, 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.01.011>
- Campbell M.L., Slavin C. y Grage A. (2016). Human health impacts of litter on beaches and associated perceptions: a case study of ‘clean’ Tasmanian beaches. *Coastal Ocean and Management* 126, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.04.002>
- Dalu T., Malesa, B. y Cuthbert R. N. (2019). Assessing factors driving the distribution and characteristics of shoreline macroplastics in a subtropical reservoir. *Science of the Total Environment* 696, 133992. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133992>
- Daniel D., Thomas S. y Thomson K. (2019). Assessment of fishing related plastic debris along beaches on the coast of Kerala, India. *Marine Pollution Bulletin* 150, 110696. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110696>
- DIGESA (2022). Vigilancia sanitaria de playas 2022. Tabla de vigilancia sanitaria 2022, Dirección de Redes Integradas de Salud Lima-Dirección General de Salud Ambiental- Gerencia Regional de Salud [en línea]. bit.ly/4dtbZjt 16/09/23
- DIRESA (2020). Verano Saludable, Ministerio de Salud-Dirección de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria. Lima, Perú [en línea]. <https://veranosaludable.minsa.gob.pe> 08/09/23
- Dulanto A. (2013). Asignación de competencias en materia de residuos sólidos de ámbito municipal y sus impactos en el ambiente. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 238 pp.
- Gambini R., Palma Y., Ricra O., Vivas G. y Vélez-Azañero A. (2019). Cuantificación y caracterización de residuos sólidos en la playa San Pedro de Lurín, Lima, Perú.

- The Biologist (Lima) 17 (1), 197-205. <https://doi.org/10.24039/rtb2019171305>
- García J., Iannacone J. y Alvarino L. (2023). Microplastics in *Emerita analoga* (Crustacea: Hippidae) and in sediments on eight sandy beaches of Lima, Peru. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 34, e25968. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v34i4.25968>
- Gracia A., Rangel-Buitrago N. y Florez P. (2018). Beach litter and woody-debris colonizers on the Atlantico department Caribbean coastline, Colombia. *Marine Pollution Bulletin* 128, 185-196. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.017>
- Iñiguez M.E., Conesa J.A. y Fullana A. (2016). Marine debris occurrence and treatment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 64, 394-402. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.031>
- Jambeck J., Geyer R., Wilcox C., Siegler T., Perryman M., Andrady A., Narayan R. y Law K. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Scientific Advances* 347, 768-771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Jeftić L., Sheavly S., Adler E. y Meith N. (2009). Marine litter: A global challenge. *UNEP Marine Litter Publications*, Nairobi, Kenya, 232 pp.
- Kalnasa M. L., Lantaca S. M. O., Boter L. C., Flores G. J. T. y Galarpe V. R. K. R. (2019). Occurrence of surface sand microplastic and litter in Macajalar Bay, Philippines. *Marine Pollution Bulletin* 149, 110521. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110521>
- Lippiatt S., Opfer S. y Arthur C. (2013). Marine debris monitoring and assessment: recommendations for monitoring debris trends in the marine environment. NOAA Marine Debris Division. Silver Spring, EUA, 82 pp.
- Maleki M. y Soria K. (2020). Multivariate geostatistical modeling and risk analysis of beach litter: a case study of Playa Blanca beach, Chile. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17, 8384. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228384>
- Marin C. B., Niero H., Zinnke I., Pellizzetti M. A., Santos P. H., Rudolf A. C., Beltrão M., Waltrick D. D. S. y Polette M. (2019). Marine debris and pollution indexes on the beaches of Santa Catarina State, Brazil. *Regional Studies in Marine Sciences* 31, 100771. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100771>
- MINCETUR (2020a). Ordenanza Regional N° 001-2020-CR/GOB.REG.TACNA. PERTUR TACNA 2019-2025. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. Plan Estratégico Regional de Turismo Tacna. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú. 30 de octubre de 2010.
- MINCETUR (2020b). PERTUR Tacna 2019-2025. Plan Estratégico Regional de Turismo. Lima, Perú. [en línea]. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1424623/PERTUR%20Tacna.pdf?v=160459214612/09/23>
- MINSA-DIGESA (2010a). Calidad sanitaria de las playas del litoral peruano 2010. Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental. Lima, Perú, 39 pp. [en línea]. <https://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2015/02/2.3.-MINSA-%E2%80%93DIGESA-Calidad-en-Playas.pdf> 02/10/23
- MINSA-DIGESA (2010b). Directiva Sanitaria N° 038/MINSA-DIGESA.V.02. Directiva Sanitaria que establece el Procedimiento para la Evaluación de la Calidad Sanitaria de las Playas del litoral peruano. Ministerio de Salud-Dirección General de Salud Ambiental. Lima, Perú. 12 de diciembre de 2023.
- MINSA-DIGESA (2015). Resolución Ministerial N° 811-2015. Procedimiento para la Evaluación de la Calidad Sanitaria de las Playas del Litoral Peruano. Ministerio de Salud-Dirección General de Salud Ambiental, Lima, Perú. 14 de diciembre del 2015.
- MINSA (2017). Decreto Supremo N° 008-2017-SA. Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Salud. Ministerio de Salud. Lima, Perú. 5 de diciembre del 2017.
- Mugilarasan M., Karthik R., Purvaja R, Robin RS, Subbareddy B., Hariharan G., Rohan S., Jinoj TPS., Anandavelu I, Pugalenth P. y Ramesh R. (2021). Spatiotemporal variations in anthropogenic marine litter pollution along the northeast beaches of India. *Environmental Pollution* 280, 116954. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116954>
- Pumasupa J., Flores Y., Huisa C., Condori D., Centeno M., Valdez T. y Yaja A. (2021). Índices de calidad, estructura comunitaria y diversidad funcional: ¿cuál aproximación permite una mejor caracterización de la calidad ambiental en ríos de la serranía suroccidental? Un análisis con datos de macroinvertebrados bentónicos en ríos de Moquegua. *Ciencia & Desarrollo* 28, 41-56. <https://doi.org/10.33326/26176033.2021.1.1107>
- Rangel-Buitrago N., Williams A., Anfuso G., Arias M. y Gracia C.A. (2017). Magnitudes, sources, and management of beach litter along the Atlantico department coastline, Caribbean coast of Colombia. *Ocean and Coastal Management* 138, 142-157. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.01.021>
- Rech S., Borrell Y. y García-Vazquez E., (2016). Marine litter as a vector of non-native species: what we need to know. *Marine Pollution Bulletin* 82, 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.032>
- Serra-Gonçalves C., Lavers J. L. y Bond A. L. (2019). Global review of beach debris monitoring and future recommendations. *Environmental Science & Technology* 53, 12158-12167. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01424>
- Sheavly S., y Register K. (2007). Marine debris and plastics: Environmental concerns, sources, impacts, and

- solutions. *Journal of Polymers and the Environment* 15 (4), 301-305. <https://doi.org/10.1007/s10924-007-0074-3>
- Simeonova A. y Chuturkova R. (2019). Marine litter accumulation along the Bulgarian Black Sea coast: Categories and predominance. *Waste Management* 84, 182-193. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.001>
- Solano A. y Buitrón B. (2019). Caracterización de los residuos sólidos generados por la pesca artesanal de altura en el puerto de Salaverry, Perú 2017. *Informe Instituto del Mar del Perú* 46 (4), 449-516. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3384>
- SPDA (2021). Perú: el 46% de residuos sólidos hallados en playas son plásticos. *Boletín. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental*. Lima, Perú. [en línea]. bit.ly/3Qqf4a3 21/10/23
- Topçu E., Tonay A., Dede A., Öztürk A. y Öztürk B. (2013). Origin and abundance of marine litter along sandy beaches of the Turkish Western Black Sea Coast. *Marine Environmental Research* 85, 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.12.006>
- Valdez M.C.G., Guzmán L.M.A., Valdés G.A., Foroughbakhch P.R., Alvarado V.M.A. y Rocha E.A. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical* 66, 1674-1682. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32135>
- Veerasingam S., Al-Khayat J. A., Aboobacker V., Hamza S. y Vethamony P. (2020). Sources, spatial distribution and characteristics of marine debris along the west coast of Qatar. *Marine Pollution Bulletin* 159, 111478. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111478>
- Vesman A., Moulin E., Egorova A. y Zaikov K. (2020). Marine litter pollution on the Northern Island of the Novaya Zemlya archipelago. *Marine Pollution Bulletin* 150, 110671. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110671>
- Vlachogianni T., Fortibuoni T., Ronchi F., Zeri C., Mazzotti C., Tutman P., Varezić D. B., Palatinus A., Trdan T., Peterlin M., Mandić M., Markovic O., Prvan M., Kaberi H., Prevenios M., Kolutari J., Kroqi G., Fusco M., Kalampokis E. y Scoullou M. (2018). Marine litter on the beaches of the Adriatic and Ionian Seas: An assessment of their abundance, composition and sources. *Marine Pollution Bulletin* 131, 745-756. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.006>
- Williams A.T., Randerson P., Di Giacomo C., Anfuso G., Macías A. y Perales J.A. (2016a). Distribution of beach litter along the coastline of Cádiz, Spain. *Marine Pollution Bulletin* 107, 77-87. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.015>
- Williams A.T., Rangel-Buitrago N., Anfuso G., Cervantes O. y Botero C. (2016b). Litter impacts on scenery and tourism on the Colombian north Caribbean coast. *Tourism Management* 55, 209-224. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.02.008>
- Williams A.T. y Rangel-Buitrago N. (2019). Marine Litter: Solutions to a big environmental problem. *Coastal Research Journal* 35, 648-663. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-18-00096.1>
- Willis K., Maureaud C., Wilcox C. y Hardesty B. (2017). How successful are waste abatement campaigns and government policies at reducing plastic waste into the marine environment? *Marine Policy* 96, 243-249. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.037>
- Zhou P., Huang C., Fang H., Cai W., Li D., Li X. y Yu H. (2011). The abundance, composition, and sources of marine debris in coastal marine waters or beaches around the northern South China Sea (China). *Marine Pollution Bulletin* 62, 1998-2007. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.018>