

López, Sebastián y Álvarez, Carlos (2021). Disposición de residuos sólidos plásticos en la zona del ROPME. Una problemática latente, Colombia. Cuaderno Activa, 13, 11-23.



Disposición de residuos sólidos plásticos en la zona del ROPME. Una problemática latente

Disposal of solid plastic waste in the ROPME area. A latent problem

Sebastián López Botero, Ing. Carlos Augusto Álvarez Arboleda

Recibido: 5 agosto 2020. **Aprobado:** 1 noviembre 2020.

Resumen. Una gran preocupación mundial es el impacto ambiental que causa la contaminación de residuos sólidos plásticos en las áreas marítimas. Esta cuestión ha sido ampliamente estudiada en los países aledaños a la Zona Marítima de la Organización Regional para la Protección del Medio Marino (ROPME), donde actualmente existe un amplio y rápido crecimiento demográfico y económico, lo cual ha ocasionado un considerable deterioro de los ecosistemas costeros. En este documento se describen generalidades de los residuos plásticos y sus características en el área del ROPME. Mediante la revisión bibliográfica, se analizan los impactos medioambientales al medio marino causados por los diferentes tipos de desechos según su tamaño y cómo se afecta la fauna y flora. Asimismo, se recomienda la implementación de planes de acción regionales y nacionales para abordar la amenaza

creciente de contaminación y fomentar la riqueza socioeconómica y ambiental de la zona marítima de estudio, con la participación de las partes interesadas y la utilización de la legislación reguladora.

Palabras clave: Desechos marinos, contaminación, residuos sólidos plásticos, ROPME.

Abstract. A major global concern is the environmental impact of plastic solid waste contamination in maritime areas. This issue has been extensively studied in countries surrounding the Maritime Zone of the Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME) where there is now wide and rapid population and economic growth, resulting in a considerable deterioration of coastal ecosystems. This document describes generalities of plastic

1. Especialista en tratamiento, valoración y gestión de residuos sólidos. Tecnológico de Antioquia - I.U. Colombia, Medellín. Sebaslopezb@gmail.com.

2. Ingeniero sanitario, Ph.D, Tecnológico de Antioquia, I. U. – Grupo de investigación GITIMA. Colombia, Medellín, carlos.alvarez66@tdea.edu.co. ORCID: 0000-0003-4029-6072

waste in the ROPME area and characteristics of these wastes. The bibliographic review analyses the environmental impacts to the marine environment caused by different types of waste according to their size and how fauna and flora are affected. It also recommends the implementation of regional and national action plans to address the growing threat of pollution and promote the socio-economic and environmental prosperity of the maritime study area, with the participation of stakeholders and the use of regulatory legislation.

Keywords: Marine litter, pollution, solid plastic waste, ROPME.

Introducción

Según la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, la contaminación marítima se define como “la introducción por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o sólidos en el ambiente marino que resulta o es probable que produzca efectos nocivos y daño a los recursos de la vida marina” [1].

Los residuos antropogénicos que se depositan en el mar son un problema mundial y se ha discutido en la literatura científica por décadas. Al océano ingresan diversos tipos de contaminantes, como las aguas residuales, la escorrentía agrícola, las cargas de nitrógeno, desechos industriales, entre otros residuos. Sin embargo, la contaminación de residuos sólidos plásticos se ha convertido en una problemática ambiental generalizada y ha ganado considerable atención en los últimos años [2].

Asimismo, la eliminación de desechos plásticos y la amenaza que representa para el medio marino se está convirtiendo en un importante desafío ambiental en el Medio Oriente [3]. En esta revisión se considera el área marítima cubierta por la Organización Regional para la Protección del Medio Marino (ROPME), con el fin de reconocer la problemática del estado del entorno marino ante la disposición de residuos sólidos en esta área de interés específico, causada por diversos factores demográficos y socioeconómicos. Por lo tanto, es oportuno revisar el estado del arte respecto de los desechos arrojados en el área

de ROPME y considerar qué acciones se deben desarrollar a nivel nacional y regional para frenar su aporte y acumulación.

Teniendo en cuenta que la problemática en cuestión ha sido estudiada pero continúa latente [4], el objetivo de esta revisión fue examinar lo relacionado con el alto vertimiento de residuos sólidos plásticos en la zona del ROPME y sus implicaciones ambientales, para dar a conocer en países como el nuestro problemáticas que podrían llegar a presentarse en sus costas.

Para llevar a cabo este análisis, se hizo una revisión bibliográfica, seguida de un análisis e interpretación de la información disponible. La búsqueda se efectuó en diferentes fuentes como: Google académico, Web of Science, ScienceDirect, SciELO, Medigraphic, entre otros, mediante el uso de la biblioteca virtual, de las cuales se seleccionaron artículos e investigaciones relacionados con la contaminación por plásticos en zonas costeras en el sector del ROPME, teniendo en cuenta criterios como: agentes contaminantes, microplásticos, afectación a la fauna y flora marinas y planificación del marco de acción.

El texto se desarrolló de la siguiente forma: en la primera sección se detalla la generación de agentes plásticos contaminantes en la zona de estudio, sus causas y efectos; luego, con el análisis de la información recopilada, se presentan las diferentes afectaciones ambientales causadas por los residuos sólidos en los ecosistemas marinos. Por último, se presentan las conclusiones.

Metodología

La revisión del estado del arte sobre la alta disposición de residuos sólidos plásticos en la zona del ROPME, que es una problemática latente en la actualidad, se enfoca en examinar casos de estudios relacionados con la generación de sólidos en la zona y sus implicaciones ambientales, según la naturaleza del contaminante.

Búsqueda e identificación de artículos

Para la búsqueda bibliográfica se utilizaron las palabras claves *contaminación de plásticos* y *ROPME*. Toda la información encontrada

corresponde a artículos publicados en revistas electrónicas, algunos son revisiones, otros son investigaciones académicas y experimentales; también se encontraron algunas noticias y artículos divulgativos.

Clasificación de la información

De más de 550 artículos que hacen parte del conjunto de referencias consultadas, después de leer los resúmenes de cada una de ellas, se preseleccionaron 110 que contenían algún tipo de información sobre efectos ambientales de la contaminación por sólidos en el medio marino y otros específicamente en el área del ROPME; de estas referencias, 90 están publicadas en 10 revistas científicas, y dentro de este subgrupo se seleccionaron 83 que contenían información relevante para efectos del presente artículo. Para complementar el análisis, se incluyeron en la revisión referencias que pertenecen a páginas web oficiales de noticieros y de oficinas gubernamentales, las cuales brindan información que permite contextualizar la temática en el contexto regional y local.

Análisis de la información

Los 83 documentos seleccionados fueron catalogados en una matriz de información por orden cronológico y temático que incluye las diferentes categorías relacionadas con el sector de influencia en la industria: 1) impactos medioambientales; 2) generación de residuos plásticos; 3) Microplásticos; 4) generalidades de la zona de estudio; 5) afectaciones ambientales, y 6) elaboración de plan de acción. Esta matriz incluye un resumen de cada estudio y representa el punto de partida para la revisión de estado del arte presentado en el presente artículo.

Generalidades

Residuos sólidos plásticos

Los residuos sólidos son aquellos materiales, productos o sustancias provenientes de la actividad humana o la naturaleza, que una vez han cumplido su propósito son destinados al abandono dado a que se vuelven inaprovechables [5], [6], [7].

Ahora bien, los residuos sólidos plásticos son aquellos de naturaleza inorgánica cuya composición es de base polimérica. Los plásticos se componen típicamente de polímeros sintéticos y aditivos químicos utilizados para mejorar sus propiedades y adaptar su aplicación, de acuerdo con el uso que se les dé [8]. Estos aditivos incluyen compuestos plastificantes, colorantes y agentes soplantes. Los plásticos también pueden contener sales de iones metálicos o metálicos en forma de hierro, manganeso y cobalto [9]. Existen dos grandes tipos de plásticos:

- Los termoplásticos: que no sufren cambios en su estructura química durante el calentamiento. Se pueden calentar y volver a moldear cuantas veces se desee. Por ejemplo, el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el poliestireno expandido (EPS), el policloruro de vinilo (PVC), el politereftalato de etilenglicol (PET), etc.
- Los termoestables: que sufren un cambio químico cuando se moldean y, una vez transformados por la acción del calor, no pueden ya modificar su forma. Por ejemplo, las resinas epoxídicas, las resinas fenólicas y amídicas y los poliuretanos.

Plásticos en el medio marino

Alrededor del 9 % de todos los plásticos fabricados en el mundo son reciclados y aproximadamente 275 millones de toneladas de residuos sólidos plásticos (PSW, por sus siglas en inglés) se generan anualmente [10], [11]. Por su costo, durabilidad, maleabilidad y resistencia a la degradación, el plástico como materia prima ha resultado ser un producto de múltiples ventajas en comparación con otros materiales, ya que es ligero, esquemáticamente estable y no corrosible (no biodegradable); a causa de esto, los residuos plásticos depositados en vertederos pueden demorar años para degradarse completamente. Al descomponerse, los plásticos filtran productos químicos al suelo y al océano. Una vez se encuentran en el océano, estos residuos se descomponen rápidamente, y durante este proceso liberan químicos de alta toxicidad, peligrosos para la vida de los ecosistemas marinos y la vida humana [12], [13], [14].

Generación de agentes contaminantes en la zona de estudio y sus características

La zona de interés del presente estudio es conocida como ROPME. Se trata de la convención regional de mares establecida por Bahrein, Irán, Irak, Kuwait, Omán, Qatar, Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos (EAU). Los países que bordean el área marítima de ROPME (Figura 1) viven un rápido crecimiento demográfico y económico [15].



Figura 1. Señalización de zona marítima de estudio.

Fuente: Tomado de [3]

Crecimiento de la contaminación de residuos en los países que rodean la zona de ROPME

La alta tasa de crecimiento de la población y el consecuente desarrollo económico en el Medio Oriente han acelerado la generación de residuos dado el alto consumo de la población. La generación bruta de residuos urbanos en los países del Medio Oriente ya supera los 150 millones de toneladas por año, resultado del alto nivel de vida, la falta de conciencia sobre prácticas de gestión de residuos, y la gran huella de carbono per cápita que caracteriza a la región al ser dependiente de los recursos energéticos [16].

En los países más prósperos del Consejo de Cooperación del Golfo (CCG), los desechos sólidos municipales se componen en su mayor parte de desechos orgánicos (hasta en un 60 %), pero también están compuestos hasta en un 21 % de artículos a base de plástico [4], [12], [17], [18]. Esta situación es consecuencia de la alta producción local de plásticos, se estima que el CCG ha tenido un aumento en la producción del 11 % anual,

llegando a producir 27,1 millones de toneladas hasta el 2016 [18]. Qatar, por ejemplo, durante la década pasada, se convirtió en uno de los mayores productores de polímeros en la región, por lo que la industria de plástico tiene una gran participación económica en este estado [12].

La tendencia de la generación de residuos plásticos en la región del CCG continúa ascendiendo. Para 2016, ya había alcanzado una capacidad de fabricación de 2,5 millones de toneladas de plásticos, en la que los polímeros de ingeniería constituyeron el 70 % de la participación del mercado. A la aplicación de los plásticos producidos contribuyen actividades de alto desarrollo como la construcción, el transporte, la electrónica y la atención médica [19].

Como menciona Gómez [5], el acelerado crecimiento de las ciudades, la concentración de la población y el aumento de la calidad de vida conllevan la producción de toneladas de residuos. En otras palabras, una mayor demanda supone un mayor consumo, sobre todo de aquellos productos hechos para un solo uso [4].

Un claro ejemplo de la demanda de productos plásticos de un solo uso está en el vertiginoso ascenso del consumo de agua embotellada. Los Emiratos Árabes, Kuwait y Arabia Saudita se encuentran entre el 10 % de los mayores consumidores a nivel mundial de agua embotellada per cápita. Se estima que el residente promedio de Emiratos Árabes usa 450 botellas de plástico al año, lo cual los deja en el cuarto nivel más alto de consumo de agua embotellada en el mundo [20]. También es preocupante el creciente y desmedido uso de bolsas plásticas de un solo uso en la región [4]; solamente en los Emiratos Árabes se usaban 11 mil millones de bolsas plásticas al año, a lo se suma un desperdicio anual de 912,5 kilogramos per cápita [21].

En toda la región del CCG, las tasas de reciclaje se encuentran por debajo del 10 %, muy por debajo de la UE, donde las tasas de reciclaje superan el 40 %. Dentro del Área Marina de ROPME, poco se conoce acerca de la distribución y composición de la basura acumulada en el medio marino, con solo

un número limitado de informes revisados [12], [18], [22], [23].

El residuo marino plástico es visto como un problema global, especialmente por el crédito dado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [24]. El ODS 14, 'Conservar y utilizar de manera sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible' [25], proporciona un enfoque para la acción continua necesaria para reducir la contaminación plástica marina. Este ODS defiende que la solución a la basura marina se puede encontrar haciendo la transición a medios de producción y consumo más sostenibles [24].

En la Figura 2 se observan los tiempos promedio que se requieren para que un desecho sólido se descomponga, según su naturaleza.

Procesos y efectos ambientales

Los residuos plásticos se han esparcido ampliamente por todo el planeta y ocasionan graves problemas a los organismos vivos y al medio ambiente en diferentes aspectos. Estos plásticos tradicionales se derivan de materias primas fósiles, y por su naturaleza son difíciles de degradar, por lo que se consideran como los sólidos de mayor proporción de contaminación en el mundo [26].

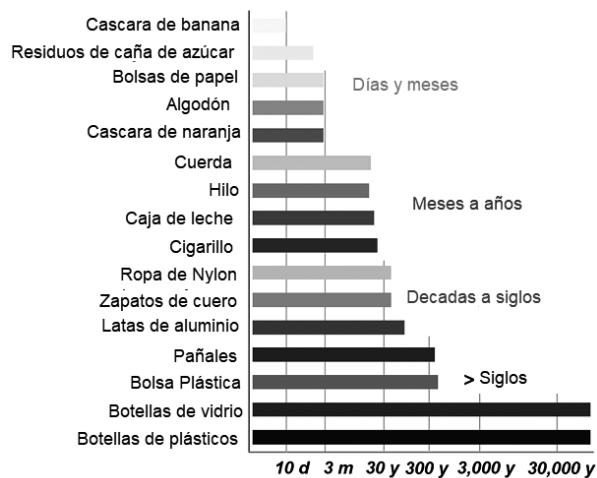


Figura 2. Período promedio de descomposición de ciertos desechos.

Fuente: Adaptado de [26], al español.

Caracterización de la basura marina en la zona del ROPME

A continuación, se procede a describir los residuos sólidos plásticos hallados en la zona del ROPME en la documentación examinada:

En 1980 se realizó una inspección en doce playas de la costa noroccidental del Golfo Árabe de Kuwait, en ellas se encontró la presencia de partículas de plástico, bolas de alquitrán y grumos de alquitrán; la mayor parte de dichas partículas estaban compuestas de polietileno de baja densidad, polipropileno y poliestireno de alta densidad. La presencia de estas partículas se debía a 33 fábricas de plásticos que operaban cerca a las costas en la época, las partículas eran transportadas por los fuertes vientos y la acción de las olas [27].

Más tarde se investigó la composición y distribución de basura acumulada en 27.000 m² de las playas occidentales y orientales del Golfo Árabe y el Golfo de Omán, en los Emiratos Árabes. Se estimó que 13,5 millones de residuos estaban varados a lo largo de 800 km de las costas de ambos golfos, los cuales se componían en un 27,1 % de fragmentos de plástico. Los artículos de plástico encontrados fueron *pellets*, botellas, flotadores y redes de pesca [28].

Además, estos estudios pusieron en evidencia la contaminación generalizada por *pellets* plásticos (fragmentos granulares de material aglomerado) alrededor de las costas de los Emiratos Árabes, con la presencia de entre 1.000 y 60.000 *pellets* por cada metro cuadrado de costa. En cambio, en las costas de Omán los *pellets* se encontraban en menor medida, aproximadamente entre 50 y 200 por cada metro cuadrado [28].

En 2004, se describieron la abundancia y el peso de los desechos encontrados en 11 playas del Golfo de Omán. A pesar de haber reportado una densidad relativamente menor por basura en comparación con otros estudios mundiales, el estudio reveló que los desechos encontrados eran en su mayoría plásticos, los desechos industriales representaban menos del 10 % y, en términos de peso, los residuos provenientes de la pesca

representaban la mayor proporción. La mayoría de los desechos eran de origen local, provenientes de actividades turísticas en la playa [29].

Continuando con las playas, se realizó un estudio en 11 de estas en trayectos de 100 m al oeste de Mascate, Irán. Los resultados pusieron en evidencia que los desechos más comunes eran aquellos a base de plástico y poliestireno. Más del 90 % de los residuos encontrados en las playas estudiadas provenían de actividades de recreación (gorras, tapas, botellas, paquetes de confiterías, etc.) [30]. Los filtros de cigarrillos son uno de los desechos más comunes en las playas. Estos están compuestos de un plástico denominado acetato de celulosa, y por lo general se encuentran contaminados por nicotina, metales pesados y otros químicos que llegan a absorber. Además de estar compuestos de materiales plásticos, los filtros tardan años en degradarse, y mientras, en ese proceso, se convierten en ínfimas partículas de plástico conocidas como “microplásticos”. Los microplásticos son nocivos para la vida marina [31]. Respecto a la presencia de colillas de cigarrillo en los ambientes marítimos de ROPME, un estudio realizado a lo largo del Golfo Pérsico demostró que los metales tóxicos notables de Hg y Pb ingresan al ambiente marítimo cada año, para luego introducirse en los organismos y, posteriormente, ingresar a la cadena alimentaria y al cuerpo humano [32]. En otro estudio también se encontró que metales como Cd, Fe, As, Ni, Cu, Zn y Mn pueden ingresar al medio marino cada año solamente a partir de la basura de colillas de cigarrillos [33].

Un estudio llevado a cabo en 2019 en los manglares del Mar Rojo de Arabia Saudita evidenció que los neumatóforos (bosques de manglares) actúan como un tamiz que retiene grandes objetos, de los cuales el 95 % eran residuos plásticos compuestos por cuerdas, bolsas, recipientes y empaques de alimentos y botellas de bebidas. Asimismo, los resultados sugieren que las actividades oceánicas combinadas con las corrientes superficiales actúan como impulsores de la basura marina en la cuenca [34].

- **Macroplásticos:** En relación con su tamaño, los plásticos en el medio marino podrían estar presentes tanto en macro como en microformas. Según una estimación de las Naciones Unidas en 2018, anualmente 13 millones de toneladas de plástico son introducidas en el océano, situación que pone en riesgo los ecosistemas marinos y provoca lesiones y daños físicos en aves marinas, mamíferos y tortugas [4], [35].

La contaminación marina con plásticos ha recibido atención significativa por parte de la comunidad científica e incluso por la opinión pública. Los residuos plásticos más grandes, denominados “macroplásticos”, han sido investigados con anterioridad, dado que son ingeridos por las especies marinas, otros son transportados a otros hábitats al adherirse a residuos flotantes y por el bloqueo del intercambio de gases en el fondo marino cuando los residuos se hunden. No obstante, durante los últimos años han tomado relevancia los efectos de los microplásticos en las dinámicas de los ecosistemas y en la biota marina [36].

- **Microplásticos:** Los microplásticos son contaminantes emergentes, es decir, son fragmentos de un pequeño tamaño que se encuentran vertidos en las aguas y solo han sido delimitados gracias a la alta sensibilidad de las tecnologías modernas. Los microplásticos suelen tener diámetro menor a 5 mm [37], [38], y pueden ser: (1) microplásticos visibles, con diámetro entre 1 hasta 5 mm; (2) nanoplásticos, los cuales tienen diámetros menores a 0,001 mm [39], [40].

De acuerdo con su origen pueden ser clasificados como microplásticos primarios o secundarios. Los microplásticos primarios se fabrican de tamaños microscópicos [41]. Estos comprenden *pellets* de resina de producción, microperlas para abrasivos en cosméticos, polvos para administración de fármacos, entre otros [42]. En cambio, los microplásticos secundarios provienen de la degradación de los plásticos más grandes por medio de fragmentación fotolítica (radiación UV), fragmentación mecánica y degradación biológica [36], [43].

Por otro lado, la continua degradación fotolítica produce microplásticos mucho más pequeños, denominados nanoplásticos, no obstante, este proceso provoca que los aditivos químicos del plástico se desprendan [36]. Algunas técnicas, como las fluorescentes de microscopía, se utilizan típicamente para aislar microplásticos de otros tipos [44].

Según la literatura, los microplásticos pueden transportar diversos compuestos químicos, como: (1) aditivos, que incluyen ftalatos, bisfenol A, retardantes de llama, antimicrobianos y nonilfenoles; (2) metales pesados, y (3) contaminantes orgánicos hidrófobos que absorben zinc, plomo, bifenilos, policlorados, hidrocarburos aromáticos, policíclicos, etc. [33], [41], [44], [45], [46], [47].

Bioplásticos: Los bioplásticos son fabricados casi en su totalidad a base de recursos biológicos renovables. Por ejemplo, el polietileno es hecho a partir del etileno, el cual proviene del procesamiento de la caña de azúcar, mientras que el ácido poliláctico (PLA) es hecho a partir del ácido láctico derivado del almidón. Sus propiedades y aplicaciones dependen del recurso del que provienen, además pueden ser biodegradables.

Los bioplásticos son de base biológica (derivado de la biomasa, o plantas), biodegradables o ambos [48], [49]. Son utilizados para la fabricación de envases y en el sector textil se emplean en forma de fibras, también para hacer calzado deportivo y son aplicados en el sector agricultor [48].

La degradación de los bioplásticos se da al descomponerse de forma completa en dióxido de carbono (CO₂) y agua con residuos insignificantes. El período de degradación de los bioplásticos biodegradables puede ser de días a meses, además, varía según los materiales que los componen y las condiciones ambientales del entorno [50].

Para Rojo y Montoto [51], los bioplásticos parecen una opción ideal para con el medioambiente, sin embargo, su uso como sustitutos de los plásticos comunes no enfrenta por sí solo el problema asociado a estos recursos. Los autores consideran que se deben implementar en conjunto con un modelo de uso

y de gestión de plásticos. Además, exponen que su biodegradabilidad en ambientes marinos es dudosa y poco eficiente.

Afectación a la fauna y la flora marinas

La presencia de basuras y macroplásticos en los ambientes marinos tiene efectos adversos en la vida de los organismos que habitan en ellos. Los estudios muestran que estos elementos suelen ser ingeridos por los animales, causar lesiones físicas, atrapar, sofocar y provocar malformaciones [35], [51].

Los denominados atrapamientos o enmallamientos son ocasionados por implementos de pesca abandonados o perdidos en el mar (los cuales actualmente se fabrican con materiales plásticos) [52], [53], [54]. Este efecto es conocido comúnmente como "pesca fantasma", y también es provocado por bolsas de plástico o los packs plásticos de latas [51]. Por otro lado, en un estudio experimental se utilizaron trampas desplegadas para simular equipos de pesca perdidos, y se descubrió que podrían atrapar 1,34 kg/trampa por día [4].

De acuerdo con la evidencia, se estima que en la zona del ROPME, más precisamente en el Mar de Omán, se han hallado muertas tortugas de cuero (*Dermochelys coriacea*) a causa de equipos de pesca [55]. Asimismo, cerca del 52 % de los atrapamientos de las tortugas de Abu Dhabi están relacionados con redes ilegales y/o abandonadas [56].

La presencia de los microplásticos en el entorno marino puede afectar a los seres vivos según su tamaño. Los microplásticos con diámetros entre 1 y 5 mm tienen más impacto en la alimentación y digestión de ciertos organismos. Los microplásticos más pequeños (con diámetros de micras) son ingeridos y excretados por pequeños invertebrados, como organismos planctónicos [57], [51]. Se tiene evidencia de que los nanoplásticos pueden permear las membranas celulares de los organismos y afectar sus funciones fisiológicas, y en otros casos pueden residir en sus tejidos epiteliales durante períodos prolongados [58], [59], [60], [61]. De igual modo, los microplásticos, al ser ingeridos por organismos pequeños y al estar presentes en

la superficie del agua, pueden ser transferidos a lo largo de toda la cadena trófica [62], [63], y al entrar en el tracto digestivo de organismos más grandes, pueden provocar trastornos en su alimentación, digestión y reproducción, dado que llegan a obstruir los apéndices por los que obtienen alimento o también el tracto intestinal. Lo anterior conlleva efectos nocivos en los animales a causa de la desnutrición, ya que gran parte de sus alimentos son reemplazados por estos residuos [41], [64], [65], [66]. En el caso de los cangrejos, por ejemplo, ingieren los microplásticos de forma oral y también pueden entrar a su sistema circulatorio a través de las branquias [67].

Gestión de la contaminación costera

El principal reto para la mitigación del impacto ambiental que ocasiona la basura marina es lograr reducir las fuentes terrestres y marítimas que la generan, mejorando la gestión de residuos y la práctica de los principios 4 R (Reducir, Reutilizar, Reciclar y Rediseñar) para evitar que entre en el medio marino [4]. Solucionar la crisis de la basura marina en el área del ROPME requiere un plan integrado y continuo con acciones a nivel local, regional y mundial. Es bien sabido que la generación de la basura marina, así como su prevención, están claramente vinculadas a ciertas actividades humanas y áreas políticas que operan tanto en el nivel nacional como internacional [68]. Además, las acciones para abordar la problemática deben orientarse a las prácticas y políticas de la zona [3], [69]. Por lo tanto, para abordar sus fuentes e impacto, son necesarios la legislación, los acuerdos y las acciones en múltiples sectores [4]. Esta gestión debe incluir iniciativas de reducción de basura enfocadas en el tratamiento de residuos sólidos y aguas residuales, asuntos transfronterizos, diseño de productos (a base de plásticos), deposición de residuos, políticas de pesca y patrones de comportamiento impulsados por los consumidores [3], [70], [71], [72].

Desde el 2018, la Unión Europea ha puesto en práctica una estrategia para el uso del plástico a partir de una economía circular, la cual se centra en el diseño y la producción de productos a base de plástico teniendo en cuenta el requisito

de reutilización, reparación, reciclaje y desarrollo y promoción de materiales más sostenibles [4]. Esto ha servido de ejemplo para otros países, los cuales han puesto en ejecución políticas propias de reducción de plásticos de un solo uso [73], [74], [75]. En el mundo, estos planes se han introducido en más de 60 países, y la aplicación de estas estrategias ha mostrado resultados exitosos, como la reducción de bolsas de plástico de un solo uso que oscila entre el 33 % y el 96 % [75], [76].

En otras acciones, el Emirato de Ajman, por ejemplo, introdujo en 2012 un “día sin bolsas de plástico” como campaña ambiental, y en 2013 Dubái lanzó una iniciativa: “decir no a las bolsas de plástico”, mediante la cual se logró una reducción del 20 % en los 2.900 millones de bolsas utilizadas anualmente en el Emirato [77]. Ensayos más recientes en la región han demostrado el éxito potencial de tales iniciativas [78], [79]. Entre otros acontecimientos prometedores dentro de la región, el Consejo Nacional Federal de Abu Dabi pretende, mediante su legislación, reciclar el 75 % de todos los residuos sólidos municipales en todo el país para 2021 [80], y esto se puede lograr haciendo un cambio de paradigma en las prácticas actuales de reciclaje y gestión de residuos sólidos en la región [4].

La Agencia de Medio Ambiente – Abu Dabi (EAD) redactó en 2019 una legislación nacional para abordar el problema de la basura de base plástica. La EAD ha desarrollado un proyecto completo de política plástica de uso único (2019–2021), que busca gestionar 15 de los plásticos de un solo uso más comunes que se encuentran en la basura marina en el mundo [4].

Para desarrollar planes de acción nacionales o en los emiratos, son primordiales la participación de las partes interesadas, las prácticas locales de gestión de residuos, la política gubernamental y la sensibilización del público [81]. El enfoque que se adopte en el desarrollo de los planes de acción regionales de la basura marina debe estar dirigido por estrategias, objetivos y acciones prioritarias con base en un análisis de la situación actual de la basura costera y marina en la región del ROPME. Esto, a su vez, se basa en información

recopilada a través de cuestionarios distribuidos a entidades gubernamentales esenciales y las partes interesadas en los Estados miembros del ROPME. En [4] se propone un plan de acción para ser implementado en el área del ROPME, el cual abarca los objetivos y las acciones conexas en los temas de 1) Gobernanza, 2) Investigación y seguimiento, 3) Sensibilización y educación y 4) Marcos jurídicos. La aplicación de un plan de acción regional de la basura marina deberá estar respaldada por un programa de seguimiento para identificar las fuentes primarias de basura marina, con la finalidad de notificar las intervenciones específicas y evaluar y analizar los progresos en relación con las metas y objetivos establecidos [4]. El desarrollo de un programa de seguimiento de la zona marítima de ROPME requiere la elaboración de un consenso sobre los métodos y organismos que se van a emplear, para así tener unanimidad en las decisiones que se planeen.

Conclusiones

Los desechos marinos son un desafío importante que amenaza el medioambiente oceánico y costero, sin una solución fácil en los próximos años. El problema es totalmente artificial y se extiende a las zonas costeras de todo el mundo. La acumulación de desechos marinos se debe en gran parte a la falta de conciencia y educación ambiental entre el público, reforzada con la mala gestión de la basura municipal en las ciudades costeras. Irán tiene unos 2.415 km de costas en el norte y sur del país que sufren gravemente el problema de los desechos marinos.

Es necesario desarrollar planes de acción nacionales y regionales para enfrentar la problemática de la basura marina, la cual debería ser una prioridad para los países que rodean la zona marítima de ROPME [4]. En todo el mundo cada vez más se están aplicando marcos nacionales y regionales, que podrían utilizarse para orientar la elaboración y ejecución de planes de acción ambiental en la región [81], [82].

Otra razón está relacionada con la construcción rápida de áreas costeras y el desarrollo de ciudades

aledañas al mar sin infraestructura adecuada para gestionar la basura municipal.

Para enfrentar esta problemática es necesario idear un plan integral de gestión de estos residuos sólidos para la región marítima del ROPME, apoyado en los procedimientos y políticas reglamentarias de la zona y así cumplir con la tarea de controlar la basura plástica marina.

Referencias

- [1] United Nations, "United Nations Convention of the Law of the Sea," 1982.
- [2] G. Brighty, D. Jones y J. Ruxton, "High level scientific review for 'A Plastic Oceans 'film,'" Plastic Oceans Foundation, 2017.
- [3] United Nations Environment Programme (UNEP), *Marine Plastic Debris and Microplastics: Global Lessons and Research to Inspire Action and Guide Policy Change*, Nairobi: UNEP, 2016.
- [4] B. Lyons, W. Cowie, T. Maes and W. Le Quesne, "Marine plastic litter in the ROPME Sea Area: Current knowledge and recommendations," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 187, 2020.
- [5] M. Gómez, "El estudio de los residuos: definiciones, tipologías, gestión y tratamiento", *Serie Geográfica*, n.º 5, pp. 21-42, 1995.
- [6] A. Ruiz, "Guía para la implementación del programa piloto de reaprovechamiento de residuos sólidos en Humanga, Pucallpa y Tinga María", 2004. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/260964189/Guia-Implementacion-Programa-Piloto-de-Reaprovechamiento-de-Residuos-Solidos-Peru>
- [7] L. P. Vesco, "Residuos Sólidos Urbanos: Su Gestión Ambiental en Argentina", tesis de grado, Universidad Abierta Interamericana, 2006.
- [8] P. Lettieri and S. Al-Salem, "Thermochemical Treatment of Plastic Solid Waste," *Waste - A Handbook for Management*, chapter 17, pp. 233-242, 2011.
- [9] D. Brennecke, B. Duarte, F. Paiva, I. Caçador and J. Canning-Clode, "Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment," *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 178, pp. 189-195, 2016.

- [10] L. Parker, "Fast facts about plastic pollution," National Geographic News, 2018. [En línea]. Available: <https://www.nationalgeographic.com/news/2018/05/plastics-facts-infographics-ocean-pollution/>.
- [11] T. Townsend, "Eight million tonnes of plastic are going into the ocean each year. Plastic Waste Washed up on a Beach in Haiti," The Conversation, 2015. [En línea]. Available: <http://theconversation.com/eight-million-tonnes-of-plastic-are-going-into-the-ocean-each-year-37521>.
- [12] M. Al-Maaded, N. Madi, R. Kahraman, A. Hodzic and N. Ozerkan, "An overview of solid waste management and plastic recycling in Qatar," *Journal of Polymers and the Environment*, vol. 20, n° 1, pp. 186-194, 2012.
- [13] Y. Tachwali, Y. Al-Assaaf and A. Al-Ali, "Automatic multistage classification system for plastic bottles recycling," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 52, n° 2, pp. 266-285, 2007.
- [14] C. Meran, O. Ozturk and M. Yuksel, "Examination of the possibility of recycling and utilizing recycled polyethylene and polypropylene," *Materials & Design*, vol. 29, n° 3, pp. 701-705, 2008.
- [15] M. Araújo, J. Silva and M. Costa, "Anthropogenic Litter on Beaches with Different Levels of Development and Use: A Snapshot of a Coast in Pernambuco (Brazil)," *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, p. 233, 2018.
- [16] S. Zafar, "MSW Generation in the Middle East," 2018. [En línea]. Available: <https://www.ecomena.org/tag/msw-generation-in-middle-east/>. [Último acceso: 18 Junio 2020].
- [17] A. Alsulaili, B. Al-Sager, H. Albanwan, A. Almeer and L. Al-Essa, "An integrated solid waste management system in Kuwait. In: *5th International Conference on Environmental Science and Technology*," vol. 69, pp. 55-59, 2014.
- [18] GPCA, "Gulf Petrochemical and Chemicals Association. GCC Plastics Industry Indicators 2016," 2016. [En línea]. Available: <https://www.gpca.org.ae/2017/04/07/gcc-plastics-industry-indicators-2016/>. [Último acceso: 18 Junio 2020].
- [19] Goldstein, "GCC Plastic Market 2017-2030: Industry Share, Size, Emerging Trends, Demand Analysis, Growth Driver, Regional Outlook," 2020. [En línea]. Available: <https://www.goldsteinresearch.com/report/gcc-plastic-market>.
- [20] BWR, "Bottled Water U.S. and International Development and Statistics," 2017. [En línea]. Available: <https://gpca.org.ae/wp-content/uploads/2018/03/GCC-Plastics-Industry-Indicators-2016.pdf>. [Último acceso: 18 Junio 2020].
- [21] P. Pandey, P., "Plastic Waste Management in UAE," 2016. [En línea]. Available: <https://www.ecomena.org/plasticuae/>. [Último acceso: 18 Junio 2020].
- [22] EEA, "Recycling of Municipal Waste," 2018. [En línea]. Available: <https://www.eea.europa.eu/airs/2018/resource-efficiency-and-low-carbon-economy/recycling-of-municipal-waste>. [Último acceso: 18 Junio 2020].
- [23] A. Al Lahou and M. Alsabbaagh, "Assessment of municipal solid waste management in the state of Kuwait," *International Journal of Environmental Science and Development*, vol. 10, n° 2, pp. 51-56, 2019.
- [24] A. Löhr, H. Savelli, R. Beunen, M. Kalz, A. Ragas and F. Van Belleghem, "Solutions for global pollution of marine litter," *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 28, pp. 90-99, 2017.
- [25] M. Haward, "The plastic pollution of the seas and oceans of the world as a kitchen and challenge in the governance of the oceans," *Nature Communications*, 2018.
- [26] C. Xi and Y. Ning, "A Brief Overview of Renewable Plastics," *Materials Today Sustainability*, vol. 7, 2019.
- [27] J. Shiber, "Plastic particle and tar pollution on beaches of Kuwait," *Environmental Pollution*, vol. 57, n° 4, pp. 341-351, 1989.
- [28] H. Khordagui and A. Abu-Hilal, "Man-made litter on the shores of the United Arab Emirates on the Arabian Gulf and the Gulf of Oman," *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 76, n° 3-4, pp. 343-352, 1994.

- [29] M. Claereboudt, "Shore litter along sandy beaches of the Gulf of Oman," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 49, n° 9-10, pp. 770-777, 2004.
- [30] M. Rajabizadeh and E. Kamrani, "The preliminary assessment of abundance and composition of marine beach debris in the northern Persian Gulf, Bandar Abbas City, Iran," *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, vol. 96, n° 1, pp. 131-135, 2016.
- [31] T. Root, "Las colillas de cigarrillos también significan contaminación plástica tóxica," *National Geographic Society*, 27 Agosto 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2019/08/las-colillas-de-cigarrillos-tambien-significan-contaminacion-plastica-toxica> [Último acceso: 19 Junio 2020].
- [32] S. Dobaradaran, T. Schmidt, I. Nabipour, A. Ostovar, A. Raeisi, R. Saeedi, M. Khorsand, N. Khajehmadi and M. Keshkar, "Cigarette butts abundance and association of mercury and lead along the Persian Gulf beach: An initial investigation," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, n° 6, pp. 5465-5473, 2017.
- [33] S. Dobaradaran, I. Nabipour, R. Saeedi, A. Ostovar, M. Khorsand, N. Khaeahmadi, R. Hayati and M. Keshkar, "Association of metals (Cd, Fe, As, Ni, Cu, Zn and Mn) with cigarette butts in northern part of the Persian Gulf," *Tox Control*, vol. 26, n° 4, pp. 461-463, 2017.
- [34] C. Martin, H. Almahasheer and C. Duarte, "Mangrove forests as traps for marine litter," *Environmental Pollution*, vol. 247, pp. 499-508, 2019.
- [35] G. Murray, "Environmental implications of plastic debris in marine settings-entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions," *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 364, n° 1526, pp. 2013-2025, 2009.
- [36] G. de la Torre, "Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar", *Revista Ciencia y Tecnología*, vol. 14, n° 4, pp. 27-37, 2019.
- [37] A. L. Andrady, "The plastic in microplastics: A review," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 119, n° 1, pp. 12-22, 2017.
- [38] J. Jiang, "Occurrence of microplastics and its pollution in the environment: A review," *Sustainable Production and Consumption*, vol. 13, pp. 16-23, 2018.
- [39] A. de Souza, W. Kloas, C. Zarfl, S. Hempel and M. Rillig, "Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems," *Global Change Biology*, vol. 24, n° 4, pp. 1405-1416, 2018.
- [40] Fundación Aquae, "Lista de contaminantes emergentes: los 'contaminantes desconocidos'" [En línea]. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/contaminantes-emergentes/>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [41] M. Cole, P. Lindeque, C. Halsband and T. Galloway, "Microplastics as contaminants in the marine environment: A review," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 62, pp. 2588-2597, 2011.
- [42] Y. Cho, W. Shim, M. Jang, H. Han and S. Hong, "Abundance and characteristics of microplastics in market bivalves from South Korea," *Environmental Pollution*, vol. 245, pp. 1107-1116, 2019.
- [43] M. Browne, T. Galloway and T. Thompson, "Microplastic - An emerging contaminant of potential concern?," *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol. 3, pp. 559-566, 2007.
- [44] A. Andrady, "Microplastics in the marine environment," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 62, pp. 1596-1605, 2011.
- [45] K. Ashton, L. Holmes and A. Turner, "Association of metals with plastic production pellets in the marine environment," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 60, n° 11, pp. 2050-2055, 2010.
- [46] C. Rochman, "The Complex Mixture, Fate and Toxicity of Chemicals Associated with Plastic Debris in the Marine Environment," *Marine Anthropogenic Litter*, pp. 117-140, 2015.
- [47] E. Teuten, J. Saquing, D. Knappe, M. Barlaz, S. Jonsson, A. Björn, S. Rowland, R. Thompson, T. Galloway, R. Yamashita, D. Ochi, Y. Watanuki, C. Moore, P. Viet, T. Tana et al., "Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife," *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 364, pp. 2027-2045, 2009.

- [48] PlasticsEurope, "Tipos de plásticos," [En línea]. Disponible en: <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics/large-family>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [49] European Bioplastics, "What are bioplastics?," [En línea]. Available: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [50] X. Chen and N. Yang, "A Brief Overview of Renewable Plastics," *Materials Today Sustainability*, Vols. %1 de %27-8, 2019.
- [51] E. Rojo y T. Montoto, *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>
- [52] S. Baulch and C. Perry, "Evaluating the impacts of marine debris on cetaceans," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 80, pp. 210-221, 2014.
- [53] D. Laist, "Impacts of Marine Debris: Entanglement of Marine Life in Marine Debris Including a Comprehensive List of Species with Entanglement and Ingestion Records," *Marine Debris: sources, impacts, and solutions*, pp. 99-139, 1997.
- [54] M. Stelfox, J. Hudgins and M. Sweet, "A review of ghost gear entanglement amongst marine mammals, reptiles and elasmobranchs," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 111, n° 1-2, pp. 6-17, 2016.
- [55] B. Farkas, B. Buzas, E. Gulyas and N. Maury, "A leatherback turtle found off Fujairah, United Arab Emirates," *Marine Turtle Newsletter*, vol. 1, n° 154, pp. 15-16, 2017.
- [56] EAD, "Environment Agency - Abu Dhabi," *Waste and Environment Annual Report*, 2016.
- [57] D. Shaw and R. Day, "Colour- and form-dependent loss of plastic micro-debris from the North Pacific Ocean," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 28, pp. 39-43, 1994.
- [58] S. Kashiwada, "Distribution of Nanoparticles in the See-through Medaka (*Oryzias latipes*)," *Environ Health Perspect*, vol. 114, n° 11, pp. 1697-1702, 2006.
- [59] A. Salvati, C. Aberg, T. dos Santos, J. Varela, P. Pinto, I. Lynch and K. Dawson, "Experimental and Theoretical Comparison of Intracellular Import of Polymeric Nanoparticles and Small Molecules: Toward Models of Uptake Kinetics," *Nanomedicine*, vol. 7, n° 6, pp. 818-826, 2011.
- [60] T. Cedervall, L. Hansson, M. Lard, B. Frohm and S. Linse, "Food Chain Transport of Nanoparticles Affects Behaviour and Fat Metabolism in Fish," *PLoS ONE*, vol. 7, n° 2, p. e32254, 2012.
- [61] G. Rossi, J. Barnoud and L. Monticelli, "Polystyrene Nanoparticles Perturb Lipid Membranes," *The Journal of Physical Chemistry Letters*, vol. 5, n° 1, pp. 241-246, 2013.
- [62] J. Anderson, B. Park and V. Palace, "Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems," *Environmental Pollution*, vol. 218, pp. 269-280, 2016.
- [63] A. Naji, M. Nuri and D. Vethaak, "Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf," *Environmental Pollution*, vol. 235, pp. 113-120, 2018.
- [64] P. Tourinho, J. Ivar and G. Fillmann, "Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil?," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 60, n° 3, pp. 396-401, 2010.
- [65] M. Cole, P. Lindeque, E. Fileman, C. Halsband, R. Goodhead, K. Moger and T. Galloway, "Microplastic Ingestion by Zooplankton," *Environmental Science & Technology*, vol. 47, n° 12, pp. 6646-6655, 2013.
- [66] A. Watts, M. Urbina, S. Corr, C. Lewis and T. Galloway, "Ingestion of Plastic Microfibers by the Crab *Carcinus maenas* and its Effect on Food Consumption and Energy Balance," *Environmental Science & Technology*, vol. 49, n° 24, pp. 14597-14604, 2015.
- [67] A. Russel, C. Lewis, R. Goodhead, S. Beckett, J. Moger, C. Tyler and T. Galloway, "Uptake and Retention of Microplastics by the Shore Crab *Carcinus maenas*," *Environmental Science and Technology*, vol. 48, n° 15, pp. 8823-8830, 2014.
- [68] A. Trouwborst, "Managing marine litter: exploring the evolving role of international and european law in confronting a persistent environmental problem," *Utrecht Journal of International and European Law*, vol. 27, n° 73, pp. 4-18, 2011.

- [69] J. Jambeck, R. Geyer, C. Wilcox, T. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan and K. Law, "Plastic waste inputs from land into the ocean," *Science*, vol. 347, n° 6223, pp. 768-771, 2015.
- [70] GESAMP, "Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment," In: P.J. Kershaw, Ed., *IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection*, vol. 90, 2015.
- [71] World Economic Forum, "Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company The New Plastics Economy —Rethinking the future of plastics," 2016. [En línea]. Available: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>. [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [72] UNEP, "Single Use Plastics: A Roadmap for Sustainability," 2018. [En línea]. Available: <https://www.unep.org/resources/report/single-use-plastics-roadmap-sustainability> [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [73] J. Clapp and L. Swanston, "Doing away with plastic shopping bags: international patterns of norm emergence and policy implementation," *Environment Pollution*, vol. 18, pp. 315-332, 2009.
- [74] F. Convery, S. McDonnell and S. Ferreira, "The most popular tax in Europe? Lessons from the Irish plastic bags levy," *Environmental and Resource Economics*, vol. 38, pp. 1-11, 2007.
- [75] R. Schnurr, V. Alboiu, M. Chaudhary, R. Corbett, M. Quanz, K. Sankar, H. Srain, V. Thavarajah, D. Xanthos and T. Walker, "Reducing marine pollution from single-use plastics (SUPs): A review," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 137, pp. 157-171, 2018.
- [76] D. Xanthos and T. Walker, "International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 118, pp. 17-26, 2017.
- [77] Gulf News, "Dubai Municipality Launches Campaign to Slash 500m Plastic Bags," 2013. [En línea]. Available: <https://gulfnews.com/uae/environment/dubai-municipality-launches-campaign-to-slash-500m-plastic-bags-1.1174280>. [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [78] EAD, "Environment Agency - Abu Dhabi. Internal Report. Waitrose Plastic Bags Pilot Study," 2018.
- [79] The National, "Waitrose Abu Dhabi Trial Sees 75% Reduction in Single-Use Plastic Bags," 2018. [En línea]. Available: <https://www.thenational.ae/uae/waitrose-abu-dhabi-trial-sees-75-reduction-in-single-use-plastic-bags-1.746656>. [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [80] Federal National Council, "Official Portal of the Government of the United Arab Emirates," 2018. [En línea]. Available: <https://u.ae/en/information-and-services/environment-and-energy/waste-management>. [Último acceso: 26 Junio 2020].
- [81] PERSGA/UNEP, "Marine Litter in the PERSGA Region. PERSGA, Jeddah," 2008. [En línea]. Available: http://www.persga.org/Files/Common/Flipping_Books_Downloads/Marine_Litter_in_the_PERSGA_Region.pdf [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [82] SPREP, "Pacific Marine Action Plan: Marine Litter 2018-2025," 2018. [En línea]. Available: https://www.sprep.org/attachments/Circulars/prap_marine_litter.pdf. [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [83] European Commission, "A European Strategy for Plastics in a Circular Economy," Brussels, 2018.