



Microplásticos en las costas del Pacífico de Nicaragua

© Copyright 2019. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua)
Todos los derechos reservados

Microplastics on the Pacific coast of Nicaragua

Josseth Mhartin Díaz Domínguez

Docente - Investigador

Laboratorio Contaminantes Orgánicos

CIRA/UNAN-Managua

<https://orcid.org/0000-0003-1824-0777>

josseth.diaz@cira.unan.edu.ni

Karla del Carmen Sarria Sacasa

Docente - Investigador

Laboratorio Contaminantes Orgánicos

CIRA/UNAN-Managua

<https://orcid.org/0000-0002-3837-8362>

karla.sarria@cira.unan.edu.ni

Fecha de recibido: 20/09/2019

Fecha de dictaminado: 21/11/2019

Resumen

Este artículo describe la situación actual de la contaminación por plásticos a nivel global, sobre todo el impacto que causan estos contaminantes a los ecosistemas marinos y a su vez da a conocer los hallazgos de un estudio realizado por el CIRA/UNAN-Managua acerca de la contaminación por microplásticos en las costas de la bahía de San Juan del Sur. La contaminación por plástico es un tema que está tomando mucha relevancia desde hace algunos años, las grandes acumulaciones de residuos plásticos en los océanos son evidencia de la disposición inadecuada de este material, esto perjudica principalmente a los ecosistemas marinos causando afectaciones como, transporte de contaminantes en el medio, alteraciones en la alimentación y bloqueos en el tracto digestivo que podrían causar lesiones físicas o inclusive la muerte en muchas especies marinas.

Palabras clave

Microplásticos, océanos, contaminación por plásticos, Bahía de san Juan del Sur.

Abstract

This article describes the current situation of global plastic pollution, especially the impact that these pollutants cause to marine ecosystems and in turn discloses the findings of a study conducted by CIRA / UNAN-Managua of microplastics pollution on the coasts of the bay in San Juan del Sur. Plastic pollution is an issue that is taking a lot of relevance for some years, the large accumulations of plastic waste in the oceans are evidence of the inadequate disposal of this material, this mainly affects marine ecosystems causing effects such as transport of pollutants in the middle, alterations in food and blocks in the digestive tract that can cause physical injury or even death in many marine species.

Keywords

Microplastics, oceans, plastic pollution, San Juan del Sur bay.

Introducción

El plástico es un producto que utilizamos de manera rutinaria en nuestros hogares, es un material ligero, higiénico y resistente que se puede moldear de distintas maneras y utilizar en una amplia gama de aplicaciones (ONU MEDIO AMBIENTE, 2018). Sin embargo, debido a los malos hábitos de consumo y la gestión inadecuada de los desechos plásticos, este se está volviendo un problema ambiental que afecta de manera directa a los entornos marinos y costeros, no solamente desde el punto de vista estético, sino también alteraciones físicas y químicas a los organismos que habitan en los océanos.

El primer material termoplástico sintetizado fue la Parkesina en el año 1865, a partir de esta fecha se han sintetizado otros materiales como: Celulosa, Bakelita, Celofán, hasta llegar a los plásticos modernos, policloruro de vinilo (PVC), polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno tereftalato (PET), entre otros. La producción de fibras y resinas desde los años 1950 hasta 2015 ha sido aproximadamente de 7500 millones de toneladas métricas (MTM), la mitad de éste ha sido producido en los últimos 13 años. (Geyner, Jambeck, & Lavender L., 2017)

A diferencia de los metales, los plásticos no se oxidan ni se corroen. La mayoría de los plásticos no se biodegradan, en cambio se fotodegradan, lo que significa que estos se descomponen lentamente en pequeños fragmentos conocidos como microplásticos (ONU MEDIO AMBIENTE, 2018),

Referentes conceptuales

Tipos de plásticos

Muchos tipos de plásticos son producidos de manera global, pero el mercado es dominado por 6 clases de plásticos: polietileno (PE, alta y baja densidad), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno (PS, incluidos EPS expandido), poliuretano (PUR) y polietileno tereftalato (PET). Usualmente los plásticos son sintetizados de combustibles fósiles, pero la biomasa puede ser utilizada como materia prima. (GESAMP, 2015).

El ácido furandicarboxílico (FDCA) es un producto sintetizado a partir de biomasa o azúcares, este ácido sirve para la síntesis de polímeros verdes como

el polietileno 2,5-Furandicarboxilato, sustituto del PET utilizado en gran manera para la producción de envases de bebidas. (Sajid, Zhao, & Liu, 2018)

Microplásticos

Desde los años de 1970 en la literatura científica empezó a reportar la aparición de pequeñas piezas plásticas flotando en los océanos, sin embargo, no está muy claro en qué fecha inicio a utilizarse el término microplásticos en temas relacionados con los desechos marinos. (GESAMP, 2015). Los microplásticos se pueden definir como partículas plásticas con diámetro menor a 5 mm, el límite inferior de estos no está definido (Masura, Baker, Foster, & Arthur, 2015), estos pueden tener diferentes formas entre ellas se incluyen fragmentos, pellets, microsferas y microfibras.

Los microplásticos se pueden clasificar como primarios y secundarios. Los primarios son todos aquellos que ya son manufacturados con un tamaño microscópico. Entre ellos, destacan las micro esferas (<500µm) contenidas en algunos productos cosméticos, las mezclas utilizadas para el arenado/granallado en construcciones, y los microplásticos empleados como vectores de medicamentos, así como los empleados para la impresión en 3D de forma más reciente. Por otro lado, los microplásticos secundarios (Figura 1) son aquellos productos de la desintegración de plástico de mayor tamaño que al momento de ser manufacturados, o en la superficie del mar, en las playas u otros ambientes, están expuestos a condiciones externas como la radiación solar (UV), entre otras, y causarán la degradación de los mismos. (Rojo & Montoto, 2017)



Figura 1. Pieza de microplásticos colectado en bahía de San Juan del Sur



Figura 2. Fotografía de la costa de playa Masachapa

Contaminación por plásticos en los océanos

La contaminación plástica se distribuye globalmente en todos los océanos debido a sus propiedades de flotabilidad y durabilidad. (Eriksen, y otros, 2014) La acumulación de contaminación plástica también ocurre en bahías cerradas, golfos y mares rodeados de costas y cuencas hidrográficas densamente pobladas (Eriksen, y otros, 2014), mediante la deposición directa de basura a lo largo de la línea de costa (Figura 2), aunque cada vez está cobrando más importancia la llegada de desechos sólidos al mar a través de ríos, desde grandes corrientes a pequeños cursos de agua, estimándose que hasta el 80% de los residuos sólidos encontrados en algunas playas provendrían de los ríos cercanos. (Rojo & Montoto, 2017).

Los plásticos que llegan a los océanos se acumulan principalmente en los llamados giros oceánicos, formando así a las llamadas islas de plástico o parches de basura, principalmente de plásticos provenientes de fuentes terrestres (un 80 %) y de aporte de barcos pesqueros (20 %). La influencia de corrientes marinas da lugar a patrones de circulación a gran escala, limitados por las masas continentales que bordean las principales cuencas oceánicas. Por ejemplo, las principales corrientes fronterizas, como la corriente de Kuroshio y la corriente del Golfo, se unen con corrientes ecuatoriales y otras para formar grandes giros oceánico. (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2016).

Según un estudio realizado por Lebreton y otros en el año 2018, existe una importante zona de acumulación de plástico oceánico formada en aguas subtropicales entre California y Hawaii, (El Gran Parche de Basura del Pacífico), en ese caso se estimó que al menos 79 (45-129) mil toneladas de plástico oceánico están flotando dentro de un área de 1,6 millones de km². (Lebreton, 2018).

Estimar la dimensión exacta de estas islas de plástico es un proceso bastante complejo, para ello se debe realizar muestreos en la zona a caracterizar y se debe determinar la concentración de plásticos y microplásticos a lo largo de diferentes transectos en el océano, con los datos obtenidos, y a través de análisis con modelos matemáticos se estiman las dimensiones de éstas.

Impacto de los ecosistemas acuáticos

La contaminación por plásticos puede afectar de muchas maneras los ecosistemas marinos causando alteraciones físicas y químicas a especies que entran en contacto con estos contaminantes. Las afecciones de las basuras, y en particular de los macroplásticos, a los organismos y ecosistemas marinos se asocian generalmente a animales muertos, debilitados o varados por consecuencias relacionadas con enmallamiento atrapamientos, sofocación, o ingestión de estos materiales no biodegradables. (Rojo & Montoto, 2017).



Figura 3. Imagen de red fantasma encontrada en playa la boquita

La ingesta de microplásticos es otro problema importante que afecta la fauna acuática, las especies como los cetáceos, aves marinas, entre otros confunden las piezas plásticas con su alimento natural, produciéndose así principalmente bloqueo del tracto digestivo y falsa saciedad (Moore, 2008)

En una investigación realizada en Japón por Tanaka y Takada en año 2016 se encontraron microplásticos en el tracto digestivo de 64 anchoas japonesas (*Engraulis japonicus*) muestreadas en la bahía de Tokio. Estas piezas plásticas se detectaron en 49 de 64 peces analizados (77%), encontrando 2,3 piezas en promedio. La mayoría de estas piezas eran de polietileno (52.0%) o polipropileno (43.3%). La forma de éstas fue principalmente fragmentos (86.0%), sin embargo el 7.3% eran pellets, algunas de las cuales eran microperlas, similares a las que se encuentran en los limpiadores faciales. (Tanaka & Takada, 2016)

A los microplásticos pueden adherirse algunas sustancias tóxicas como los compuestos orgánicos persistentes (COPs), los cuales se pueden ir bioacumulando a través de la cadena trófica, según estudio realizado por Ríos y otros en 2007 en el Pacífico Norte la concentración total de policlorosbifenilos (PCB) varió de 27 a 980 ng/g; Dicloro difenil tricloroetano (DDT) de 22 a 7100 ng/g; Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) de 39 a 1200 ng/g, e hidrocarburos alifáticos de 1.1 a 8600 ng/g. (Ríos, Moore, & Jones, 2007)

Situación de los plásticos en Nicaragua

Nicaragua en los últimos años ha venido mejorando su sistema de recolección de desechos sólidos. Ciudades como Managua, Rivas, Granada, León, tanto en las cabeceras departamentales como en algunos de sus municipios alegan de reforzar la flota de camiones recolectores de basura, con el objetivo de ampliar la capacidad de recolección de los desechos domiciliarios, centrado principalmente en la eliminación de la misma. Sin embargo, esta medida parece no resolver la problemática de la basura.

En Managua, capital de Nicaragua, al igual que la mayoría de ciudades grandes de Latinoamérica, el problema de la basura aumentó a medida que fue creciendo la industrialización y las urbanizaciones. Este desarrollo ha permitido cambios en los hábitos de consumo, surgiendo de esta manera problemas en el sistema de recolección de basura. (Brenes, Arquímides, & Montalván, 2013). Algunos autores opinan que es necesario un cambio de cultura, es decir pasar de la cultura de “usar y tirar” donde la basura especialmente el plástico es visto como material desechable a una cultura de “reciclar, reusar” y viendo al plástico como un recurso valioso que debe ser aprovechado.

Un ejemplo, de este cambio de cultura de reciclar en Nicaragua es el Proyecto La Chureca impulsado con el esfuerzo de la Agencia Española de Cooperación (AECID) y la Alcaldía de Managua (ALMA), en colaboración con otras agencias y empresas lograron

la construcción de la planta de reciclaje y de la preparación de los terrenos para la correcta edificación de las nuevas viviendas, donde la auto sostenibilidad del proyecto está basado en la generación de fondos por el material recuperado el cual es vendido para el reciclaje, la generación y venta del compost producido a partir de la basura orgánica, todo dentro del mismo proyecto.

La basura en las playas puede ser de origen natural (trozos de maderas, hojas) y antropogénico, es decir, causado por el hombre (plásticos). Haciendo uso de la observación en la basta cantidad y variedad de la basura observada, nos ha llevado a pensar que la población tiene un efecto de la presencia de basura en especial residuos plásticos en la playa, es decir, a nuestro criterio la mayoría de los pobladores no presentamos una cultura de interés en el destino final de los desechos, a pesar de la abundancia de información acerca de la problemática que causa la basura en las playas y ecosistemas marinos, por lo que, no se asume la responsabilidad de la basura que generamos y tampoco el papel que jugamos en sus generación por lo que no contribuimos en la reducción de la cantidad de basura que a diario se produce.

Material y método

Microplásticos en las costas del pacífico de Nicaragua

Enmarcado en el proyecto ARCAL CXLV – RLA7022 “Fortalecimiento de la Vigilancia y Respuesta Regional para Entornos Marinos y Costeros Sostenibles”, y como parte del ámbito investigativo de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, - Managua (UNAN-Managua), el Centro para la Investigación de Recursos Acuáticos (CIRA) de la UNAN-Managua realizó monitoreo de microplásticos en las arenas de las costas de la bahía de San Juan del Sur en el pacífico de Nicaragua, con el objetivo de validar una metodología para la caracterización de microplásticos.

Esta metodología fue desarrollada en conjunto por 14 países participantes en el curso regional de capacitación sobre microplásticos en ecosistemas costeros utilizando la técnica espectrometría de infrarrojo medio (MIRS) en Niterói, Brasil en octubre 2018.

De esta manera se brinda información base acerca de las concentraciones de microplásticos presentes en las arenas de playas, dando así los primeros pasos en el país en esta temática, con la visión de ampliar los monitoreos para tener una caracterización robusta, desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo en lo que es contaminación de microplásticos en Nicaragua.

Selección de sitios de muestreo

La selección de la playa para este estudio se basó en tres criterios: las más visitadas por turistas nacionales y extranjeros, en sus alrededores existen comunidades densamente pobladas, y con gran actividad pesquera. En la costa de la playa se observó grandes volúmenes de residuos plásticos (botellas de bebidas gaseosas, jugos y agua, bolsas, cubiertos, platos, vasos etc.), esto es indicio de la presencia de microplásticos.

Colecta de muestras

Primeramente, se realizó una inspección visual sobre la costa, seguido de esto se seleccionó un transecto de 100 m donde se colectaron 5 submuestras a 25 m de distancia entre ellas. Para la colecta de muestras se utilizó material metálico y así evitar la contaminación por plásticos de la misma. En cada punto se recogieron las arenas contenidas en una superficie de 0,25 m² delimitada por un cuadrado de 50x50 cm, colectando la capa más superficial con un 1 cm de espesor. (ARCAL-RLA7022, 2018)



Tabla 1. Sitios de colecta de muestra en La Bahía de San Juan del Sur

Punto	Situación	Coordenadas (Grados decimales)	
		LAT	LONG
R1	Extremo transecto 100m	11.251726	-85.873022
R2	Intermedia	11.251935	-85.872947
R3	Centro transecto	11.252168	-85.872838
R4	Intermedia	11.252369	-85.872838
R5	Extremo transecto 100m	11.252597	-85.872776

Caracterización física y química de las muestras

El proceso de análisis de muestras se realizó en el laboratorio de contaminantes orgánicos del Centro para la Investigación de Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN-Managua. Básicamente el análisis de las mismas se realizó en cinco etapas principales: Secado, tamizado, extracción, caracterización física y caracterización química.

El secado de las muestras se realizó en un horno de convección (BINDER modelo B 53). Inicialmente la muestra de arena húmeda fue pesada y colocada en el horno por 24 horas a una temperatura de 60 °C, la muestra es pesada y regresada al horno por dos horas más antes de la segunda pesada. Si la diferencia entre las dos pesadas es menor a 0,02 g la segunda lectura es utilizada para calcular el porcentaje de peso seco de la muestra. Si la diferencia es mayor a 0,02 g, se regresa la muestra al horno y se vuelve a pesar después de 2 horas y así sucesivamente hasta obtener una diferencia de peso igual o menor a 0,02 g, es decir, hasta alcanzar peso constante en la muestra de arena.

Para separar las piezas de microplásticos de los macroplásticos y nanoplasticos, la muestra de arena se tamiza primeramente con un tamiz con luz de malla de 5 mm (macroplásticos) y luego con un segundo tamiz con luz de malla de 1 mm (nanoplasticos), esto también permite separar las partículas de arena gruesas y finas de la muestra lo que facilita la extracción de los microplásticos.

Extracción de los microplásticos: la fracción de arena retenida por el tamiz de 1mm es donde quedan retenido los microplásticos. Para separar los microplásticos de



Figura 4. Diagrama del proceso analítico para determinar microplásticos en arena de playa

la arena se realiza una extracción con una solución de cloruro de sodio (NaCl) sobre saturada. Una porción de muestra se vierte en un beaker de 1000 ml y se agrega 800 ml la solución sobresaturada de NaCl, la mezcla se agita con la ayuda de un agitador magnético (Heidolph modelo MR Hei-Mix L) durante aproximadamente 30 minutos, luego por diferencia de densidad las piezas plásticas salen a flote y son separadas manualmente utilizando una pinza y depositadas en un vidrio reloj.

Caracterización física: cada pieza plástica de manera individual se caracterizó de acuerdo a su forma y color utilizando un estereoscopio (WILD modelo M7A) con resolución ocular de 6X a 50X. Por su forma se clasificaron como: fibras/filamentos, fragmentos, pellets, microesferas, film/laminas, esponjosa y goma espumosa (foam), y por color: transparente, negro, verde, blanco, rojo, azul, multicolor y otros. Posteriormente las piezas se pesaron en una balanza analítica (OHAUS modelo PA224C) para obtener los resultados preliminares de los microplásticos totales (g de microplásticos por m² y piezas de microplásticos por m²).

Caracterización química: se seleccionaron 19 piezas plásticas para realizar la caracterización, estas fueron enviadas al laboratorio de Radio Ecología y alteraciones ambientales del departamento de física de la Universidad Federal Fluminense de Río de Janeiro Brasil (LARA-UFF) para ser analizadas en un espectrómetro infrarrojo con transformada de Fourier y detector de reflectancia total atenuada (FTIR-ATR) (Bruker modelo Tensor II).

Análisis y discusión de los resultados

Al recorrer la playa en un trayecto de 100 m, se encuentra todo tipo de basura, y los plásticos no son la excepción, entre los más comunes, botellas, bolsas, cubiertos plásticos, platos, vasos todos considerados de un solo uso. Tanto en las ciudades como en las poblaciones aledañas a las playas, es frecuente observar como la población luego de consumir el agua, jugos, refrescos azucarados, o bien alimentos sólidos, snack, dulces, chiverías o aperitivo, los empaques son dejados sin ningún inconveniente en el lugar donde son consumidos, por lo que fácilmente terminan en los cauces y por ende en los ríos, lagos y finalmente en las playas.

En este trayecto que recorren los desechos sólidos antes de convertirse en basura marina en los océanos, pasan por un largo recorrido, provocando otros tipos daños, por ejemplo, obstrucción de desagües, acumulación en los cauces, lo que permite la proliferación de vectores, causando daños a la salud, es decir, se corre el riesgo de contraer enfermedades como el dengue, paludismo, enfermedades que pueden ser prevenibles con medidas de protección fundamentales como la limpieza.

En la caracterización física de los microplásticos se identificaron fragmentos, fibras, pellets y foam. En total se lograron extraer 380 piezas de microplásticos equivalentes 304 piezas plásticas por metro cuadrado, para dar un peso total de 6.21 g (4.97 g de plásticos por metro cuadrado) (Tabla 2). Mientras tanto, en la caracterización química se identificaron polietileno, polipropileno, poliestireno y policloruro de vinilo predominando principalmente el polietileno (Tabla 3).

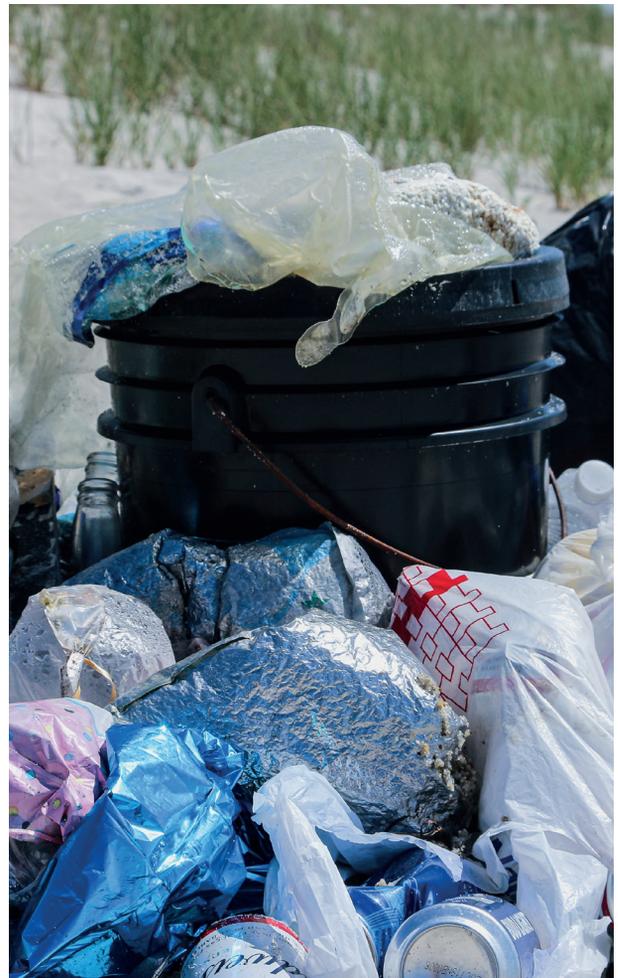


Tabla 2. Clasificación de microplásticos encontrados en la bahía de San Juan del Sur

Clasificación		No. Ítems									
		Transparente	Negro	Azul	Blanco	Rojo	Verde	Multicolor	Otros	Total	Peso (g)
FORMA	Fibras / Filamentos	2	0	1	2	0	2	0	2	9	0.01
	Fragmentos	20	2	25	23	4	12	14	215	315	5.33
	Pellets	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0.53
	Film / Láminas	6	0	1	17	0	1	1	2	28	0.97
	Goma espumosa (foam)	0	0	0	21	0	2	0	0	23	0.45
	Total	28	2	27	63	4	17	15	224	380	6.21

Estos resultados reflejan la presencia de una alta concentración de microplásticos en la zona muestreada, sin embargo aún no está definido un valor guía para contrastar estos resultados. Es difícil establecer la procedencia de estos fragmentos, la acumulación de residuos plásticos en la zona por la influencia antropogénica es un indicio de posible fragmentación de plásticos de mayor tamaño, no obstante existe la posibilidad de que corrientes marinas arrastren partículas plásticas desde zonas más alejadas hacia la costa de esta playa.

Tabla 3. Caracterización química de los microplásticos

Frecuencia en las muestras	Forma / Color	Tipo de plástico
Mayor número de ítems y mayor frecuencia de color entre ellos.	Fragmento / otros	Poliétileno (PE)
Mayor número de ítems y segunda frecuencia de color entre ellos.	Fragmento/ azul	Polipropileno (PP)
Mayor número de ítems y tercera frecuencia de color entre ellos.	Fragmento/ blanco	Polipropileno (PP)
Mayor número de ítems y cuarta frecuencia de color entre ellos.	Fragmento/ transparente	Polipropileno (PP)
Mayor número de ítems y quinta frecuencia de color entre ellos.	Fragmento/ verde	Poliétileno (PE)
segundo número de ítems y mayor frecuencia de color entre ellos.	Lámina/ Blanco	Polipropileno (PP)
segundo número de ítems y segunda mayor frecuencia de color entre ellos.	Lámina/ transparente	Poliétileno (PE)
segundo número de ítems y tercera mayor frecuencia de color entre ellos.	Lámina/ otros	Poliétileno (PE)
segundo número de ítems y cuarta mayor frecuencia de color entre ellos.	Lámina/ azul	Polipropileno (PP)
tercer número de ítems y mayor frecuencia de color entre ellos.	Foam/ blanco	Poliestireno (PS)
tercer número de ítems y segunda frecuencia de color entre ellos.	Foam/ verde	Poliétileno (PE)
cuarto número de ítems y mayor frecuencia de color entre ellos.	Fibra / blanco	Policloruro de vinilo (PVC)

cuarto número de ítems y segunda frecuencia de color entre ellos.	Fibra/ verde	Polipropileno (PP)
cuarto número de ítems y tercera frecuencia de color.	Fibra/ transparente	Polipropileno (PP)
quinto número de ítems y mayor frecuencia de color entre ellos.	Pellets /otros	Polietileno (PE)
Muestras seleccionadas al azar	Fragmento/ negro	Polipropileno (PP)
	Lamina/verde	Polipropileno (PP)
	Fragmento/ multicolor	Polietileno (PE)

Conclusión

Los hallazgos obtenidos en este estudio constituyen un primer paso para la identificación y caracterización de sitios contaminados por microplásticos en las playas de Nicaragua.

Esta situación hace imperante la necesidad de desarrollar esfuerzos en la sensibilización, capacitación y fomento de la educación ambiental, no solo se debe llamar la atención a la conservación de la naturaleza, hay que promover a diferentes niveles un conjunto de pautas culturales que resulten en una mejoría del manejo ambiental adecuado a todos los niveles, en local iniciando desde la familia, pasando por el sistema educativo, hasta trascender a nacional y regional en el establecimiento de políticas que coadyuven a establecer los costos reales del manejo ambiental en relación a la gestión de la basura de una manera eficaz y eficiente.

Referencias bibliográficas

1. ARCAL-RLA7022. (2018). Fortalecimiento de la vigilancia y respuesta regional para entornos marinos y costeros sostenibles. PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y CARACTERIZACION DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYAS. Río de Janeiro, Niterói, Brasil: OIEA.
2. Brenes, A., Arquímides, F., & Montalván, R. (2013). Instrumentos Económicos Para un Eficiente Manejo de los Desechos Sólidos en la Ciudad de Managua. Banco Central de Nicaragua.
3. Eriksen, M., Leberon, L. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., . . . Reisser, J. (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. PLOS ONE.
4. GESAMP. (2015). Reports and studies 90. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Peter Kershaw.
5. Geyner, R., Jambeck, G. R., & Lavender L., K. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. SCIENCE ADVANCES.
6. Lebreton, L. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. Scientific Reports.
7. Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. (2015). NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments.
8. Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. Environmental Research 108, 131-139.
9. National Oceanic and Atmospheric Administration. (2016). Modeling oceanic transport of floating marine debris. South Carolina: National Centers for Coastal Ocean Science – Center for Coastal Environmental Health and Biomolecular Research.
10. ONU MEDIO AMBIENTE. (2018). Plásticos de un solo uso: Una hoja de ruta para la sostenibilidad.
11. Ríos, L. M., Moore, C., & Jones, P. R. (2007). Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. Marine Pollution Bulletin 54, 1230–1237.

12. Rojo, E., & Tania, M. (2017). Basuras marinas, plásticos y microplásticos. Orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. *Ecologistas en acción*.
13. Sajid, M., Zhao, X., & Liu, D. (2018). Production of 2,5-furandicarboxylic acid (FDCA) from 5-hydroxymethylfurfural (HMF): recent progress focusing on the chemical-catalytic routes. *Green Chemistry*, 5427–5453.
14. Tanaka, K., & Takada, H. (2016). Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. *Scientific Reports*.

