

Primera evidencia de microplásticos en la bahía de Cienfuegos. Cuba

A. García-Chamero^{1,*}, C. M. Alonso Hernández¹, D. Chamero Lago¹

(1) Departamento de Estudio de la Contaminación Ambiental, Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC), Carretera Castillo de Jagua, km 1.5, Ciudad Nuclear, Cuba.

* Autor de correspondencia: A. García-Chamero [arianna@ceac.cu]

> Recibido el 31 de agosto de 2020 - Aceptado el 23 de diciembre de 2020

García-Chamero, A., Alonso Hernández, C.M., Chamero Lago, D. 2020. Primera evidencia de microplásticos en la bahía de Cienfuegos. Cuba. *Ecosistemas* 29(3):2085. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2085>

En las últimas décadas los desechos plásticos han sido reconocidos como contaminantes marinos emergentes de gran importancia, por su persistencia, omnipresencia y por ser un tóxico potencial debido a que adsorben contaminantes orgánicos en un alto grado. Estudios anteriores reportan los mayores valores de microplásticos en bahías cerradas con actividad industrial. En la bahía de Cienfuegos se han cuantificado diferentes contaminantes, pero no existen estudios reportados para la evaluación de microplásticos en este ecosistema. En este trabajo nos planteamos realizar un estudio de las aguas, sedimentos y *Perna viridis* de la bahía de Cienfuegos, para evaluar la presencia y densidad de microplásticos. Entre los principales resultados se encontró la presencia de microplásticos en el agua de mar, en todas las estaciones de la bahía para los dos periodos, seco y lluvioso, con 49 562.5 y 5093.75 microplásticos/m³ respectivamente, en el sedimento con 357.14 y 852.86 microplásticos/kg respectivamente, y en *P. viridis* con 15.7 y 5.8 microplásticos/g respectivamente. Estos valores resultaron superiores que los registrados en la literatura en la mayoría de los casos, siendo esta la principal conclusión del estudio realizado. Este trabajo constituye el primer acercamiento al estudio de los microplásticos en ecosistemas costeros de Cuba de ahí la novedad del mismo.

Palabras claves: agua de mar; bahía de Cienfuegos; contaminación; microplásticos; *Perna viridis*; sedimento

García-Chamero, A., Alonso Hernández, C.M., Chamero Lago, D. 2020. First evidence of microplastics in Cienfuegos bay, Cuba. *Ecosistemas* 29(3):2085. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2085>

In recent decades plastic debris have been recognized as emerging marine pollutants of great concern, due to their persistence, omnipresence and its potential to accumulate toxic organic pollutants. Previous studies have reported the highest accumulation of microplastics in closed bays with industrial activity. In Cienfuegos Bay, different pollutants have been quantified, but there are no reported studies of microplastics. In this work we set out to study water, sediment and *Perna viridis* of Cienfuegos Bay, to evaluate the presence and density of microplastics. Results showed presence of microplastics in all bay stations during the two seasons, dry and rainy, with an abundance of 49562.5 and 5093.75 microplastics/m³ respectively in water, 357.14 and 852.86 microplastics/kg respectively in sediment, and with 15.7 and 5.8 microplastics/g respectively in *Perna viridis*. Results showed higher values than those recorded in the literature for most cases, this being the main conclusion of the study. This work is the first approach to the study of microplastics in coastal ecosystems of Cuba.

Keywords: marine water; Cienfuegos bay; contamination; microplastics; *Perna viridis*; sediment

Introducción

Los desechos plásticos constituyen hoy día un 80% de toda la basura que llega a las costas marino-costeras. Una vez en el mar, los plásticos se distribuyen tanto en playas como en océano abierto, en la superficie del mar como en el fondo. De esta forma, durante las últimas décadas, la basura plástica se ha convertido en un problema global en constante crecimiento (Hidalgo-Ruz et al. 2016). Los desechos plásticos más grandes entran al ambiente marino y mediante la degradación de estos, se forman artículos de plásticos más pequeños (Nel y Froneman 2015) llamados microplásticos.

Los microplásticos, definido por la US National Oceanic and Atmospheric Administration, son partículas menores que 5 mm (Arthur et al. 2009). Existen dos categorías de microplásticos dependiendo de su origen. Los microplásticos primarios, son aquellas partículas de plásticos manufacturadas para obtener tamaños milimétricos, con el objetivo de ser utilizados por ejemplo, en artículos de bellezas como son los cosméticos, en pinturas, en la industria textil entre otros incorporándose de forma directa al ambiente marino. Los microplás-

ticos secundarios son derivados por la fragmentación y desintegración de macroplásticos en partículas menores a través de procesos de fotodegradación causada por los rayos ultra violeta del sol, fuerza mecánica y el tiempo (Long et al. 2015; Phillips y Bonner 2015). Los microplásticos han sido reconocidos como un contaminante marino emergente de asunto importante, debido a su persistencia, omnipresencia y por ser un tóxico potencial debido a que adsorben contaminantes orgánicos en un alto grado (Song et al. 2015).

Estas pequeñas partículas por su densidad, se encuentran bio-disponibles para los organismos marinos filtradores por lo que pasan a formar parte de la cadena trófica. Los bivalvos son de particular interés porque presentan una extensa actividad de filtración para su alimentación, exponiéndose directamente a los microplásticos presentes en la columna de agua. Una vez ingerido, los microplásticos pueden ser retenidos en el tracto digestivo del organismo, adsorberlo dentro de las paredes epiteliales del intestino por fagocitosis o trascolarse a otros tejidos causando efectos significativos a nivel celular y de tejido al transferir los contaminantes absorbidos (Van Cauwenberghe et al. 2015; Wang et al. 2016).

Los microplásticos pueden ser transferidos de moluscos a cangrejos a través de la cadena alimenticia con incremento de la concentración para cada nivel trófico incluyendo el hombre (Li et al. 2015). La tasa y la dirección de la transferencia de los compuestos tóxicos, persistentes y bioacumulables, dependerá del ambiente químico en el intestino del organismo y los niveles existentes de estos compuestos en el tejido.

Generalmente altas concentraciones de microplásticos son reportadas en bahías cerradas con actividad industrial (Stolte et al. 2015). La provincia de Cienfuegos presenta una bahía típica de bolsa, que se encuentra sometida a una gran actividad antropogénica proveniente de la zona industrial y de la propia ciudad. En la bahía se han cuantificado diferentes contaminantes en el agua de mar y los sedimentos, también en organismos marinos como el molusco bivalvo *Perna viridis*. Este organismo ha sido bien estudiado por los especialistas del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC) por ser una especie invasora en la bahía, además por su condición de organismo sésil y filtrador se ha utilizado como indicador de contaminación de metales pesados como mercurio (García-Chamero et al. 2016) y organoclorados (Alonso-Hernández et al. 2012). Aun, cuando se han podido cuantificar una amplia gama de contaminantes en la bahía, no existen estudios reportados para la evaluación de microplásticos en este ecosistema. Por tal motivo, en este trabajo nos planteamos evaluar la presencia de microplásticos en el agua de mar, sedimento y *P. viridis* en la bahía de Cienfuegos.

Materiales y Métodos

Zona de estudio

La bahía de Cienfuegos se encuentra ubicada entre los 20°1' y 22°11' N y 80°23' 30" y 80°33' 42" W, en la región centro sur de Cuba. Constituye una típica bahía de bolsa que ocupa un área de 90 km² y un volumen medio de 870 m³, presenta un ancho de 3 Km en dirección este-oeste y un largo de 22 Km en dirección norte-sur, la profundidad media es cercana a los 14 m. Se une al Mar Caribe

por un estrecho y sinuoso canal que posee una longitud de 3.5 Km, un ancho de 300 m y una profundidad de 50 m. Su sistema costero, rico en puntas y ensenadas, tiene una longitud aproximada de 100 Km. Presenta un bajo submarino desde Cayo Carenas hasta Punta la Cueva a una profundidad de 1.5 m que la divide en dos lóbulos naturales bien definidos, norte y sur, a la vez que ejerce gran influencia en la circulación de las masas de agua de la bahía (Fig. 1). El lóbulo norte recibe el mayor impacto antropogénico debido al desagüe de la ciudad de Cienfuegos, el polo industrial en la ciudad y el aporte de los ríos Damuji y Salado. El lóbulo sur está sometido a una menor contaminación antropogénica, proveniente de los ríos Caonao y Arimao. Parte de la cuenca sur es un parque natural, lo que representa un nicho para las aves migratorias protegidas y especies marinas (García-Chamero et al. 2016).

La bahía posee un régimen hidrodinámico relativamente lento, determinado fundamentalmente por la acción combinada de la marea, el viento y el aporte fluvial. La contaminación orgánica e inorgánica está extendida en la bahía, existiendo niveles relativamente altos de metales pesados e hidrocarburos en los sedimentos y eutrofización en la columna de agua. Por tal motivo desde 1990 se implementó en la bahía de Cienfuegos, un programa de monitoreo para el control y evaluación de la calidad de las aguas, sedimento y organismos marinos. Dicho muestreo es realizado por el CEAC, en 14 estaciones con el fin de abarcar ambos lóbulos y garantizar a los tomadores de decisiones información fidedigna sobre las condiciones de la bahía (Fig. 1).

Muestreo

Los estudios de variación estacional muestran una relación positiva entre las lluvias y la abundancia de desechos plásticos en los ecosistemas costeros. Los desechos antropogénicos pueden ser fácilmente transportados por el escurrimiento superficial entre arroyos, ríos, tormentas, sistemas de drenaje y finalmente llegar a las aguas costeras y playas durante la temporada de lluvia (Cheung et al. 2016).

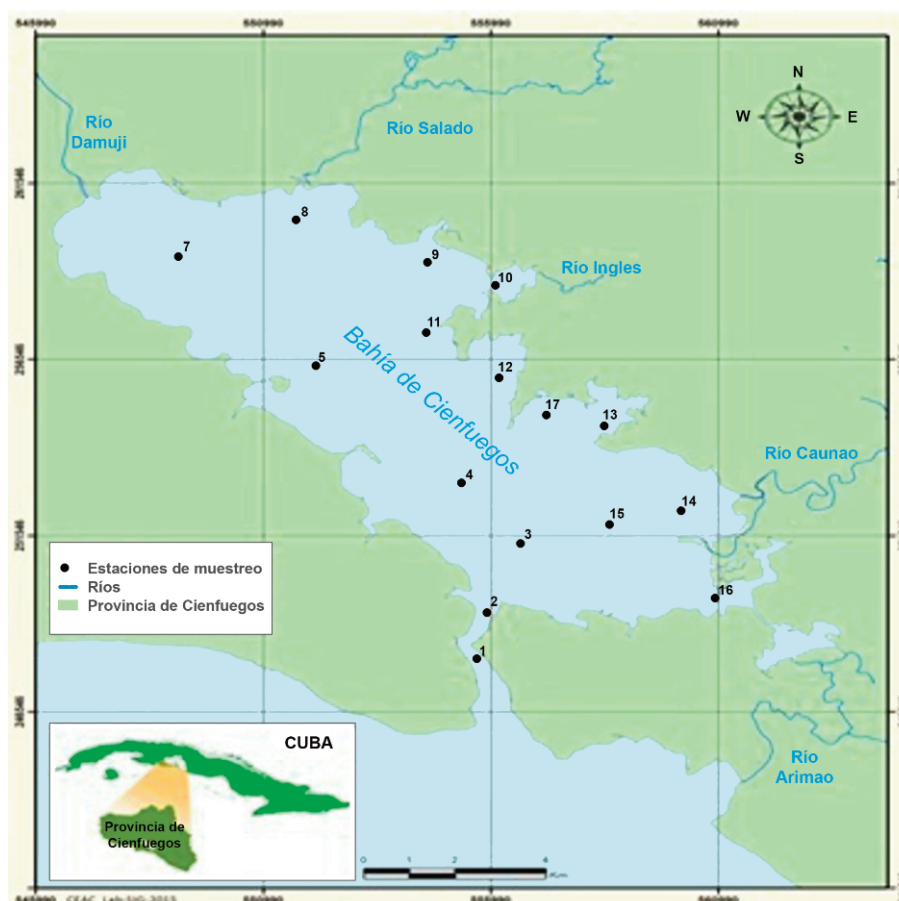


Figura 1. Estaciones de muestreo en la bahía de Cienfuegos, Cuba.

Figure 1. Sampling stations in Cienfuegos Bay, Cuba.

Algunos autores sugieren que las variaciones en la abundancia de desechos pueden deberse a cambios estacionales en las corrientes costeras y los niveles de agua. Un muestreo Trimestral o Anual puede ser apropiado en regiones que presenten menos cambios estacionales, como son las regiones tropicales con solamente dos estaciones seca y lluvia (Lippiatt et al. 2013). En Cuba el régimen de precipitaciones determina la existencia de dos épocas bien diferenciadas, seca (mayo-octubre) y lluvia (mayo-octubre).

Para la toma de muestras existen varias metodologías registradas, teniendo en cuenta que es lo que se quiere analizar, pero todas coinciden en la importancia de evitar cualquier objeto plásticos en el muestreo y el contacto con el aire, por lo que en todos los pasos las muestras fueron tapadas con papel aluminio y se evitó el uso de materiales plásticos.

Las muestras de agua de mar y sedimento se colectaron en las 14 estaciones de muestreo establecidas en el Programa de Monitoreo del CEAC (Fig. 1). Los organismos se colectaron en tres estaciones (Prácticos del Puerto, Junco sur y Calisito), sitios donde se encontraba esta especie con mayor abundancia. Todas las muestras fueron colectadas durante los períodos de seca y lluvia del 2016.

El tipo de muestreo realizado fue de volumen reducido que se refiere a la reducción del volumen de la muestra en grandes cantidades realizado durante el muestreo, preservando solamente la porción de la muestra que es de interés para analizar, lo que requiere de un procesamiento en el laboratorio (Hidalgo-Ruz et al. 2012). Se tomaron por cada estación, con la ayuda de un pomo de cristal, 1L de agua de mar superficial. Utilizando una draga se colectó sedimento superficial, que fue homogenizado y del que se tomaron 50 g (peso húmedo w,w) con la ayuda de una cuchara de metal. Las muestras fueron tapadas y almacenadas a 4°C para su traslado hacia el laboratorio. En el caso de los moluscos se colectaron, mediante buceo autónomo 5 individuos por punto de muestreo con una talla igual o superior a 70 cm de tamaño de la concha y se almacenaron en bolsas con agua para asegurar que llegaran vivos al laboratorio.

Pretratamiento

El agua de mar colectada se pasó a través de un tamiz metálico con un tamaño de poro de 63 µm. El material retenido en el tamiz fue colectado en un beaker de cristal. El material colectado fue tratado con una solución ácido nítrico (HNO₃) por 24 h para eliminar la materia orgánica (Avio et al. 2015; Stolte et al. 2015). Algunos autores plantean que la aplicación de digestiones ácidas en análisis de microplásticos, como es caso del ácido nítrico, pueden destruir la estructura o dañar los polímeros con una baja tolerancia al pH (ejemplo, poliamidas y poliestireno) (Strungaru et al. 2018), sin embargo, en estudios previos realizados en el laboratorio, fue el ácido nítrico la mejor solución a utilizar para lograr nuestro objetivo en la investigación. Luego de la digestión las muestras fueron filtradas con la ayuda de una bomba de vacío por un filtro de lana de vidrio GF-1: 47 mm de diámetro, tamaño de poro 0.7 µm. El papel de filtro fue secado a 60°C en un disco Petri (Lusher et al. 2014; Song et al. 2015).

Respecto al sedimento superficial del fondo de la Bahía, la partículas de microplásticos contenidas en los 50g de la muestra fueron extraídas mediante una separación por densidad añadiendo una solución concentrada de cloruro de sodio (NaCl) (SC, 120 g l⁻¹) (Vianello et al. 2013), para facilitar la flotabilidad de las partículas menos densas. Las muestras fueron expuestas al baño ultrasónico por 10 min para separar las partículas de plástico de las partículas de arcilla, y luego fueron agitadas vigorosamente por 1 min. Luego de dejarlas reposar por 10 min, el material sobrenadante fue colectado utilizando una pipeta y tamizado por un tamiz metálico con un tamaño de poro de 63 µm. El material retenido en el tamiz fue colectado y pretratado de la misma manera que el agua de mar.

Los moluscos fueron ubicados en peceras de cristal con agua destilada por 24 horas para realizar una limpieza del intestino. Según (Claessens et al. 2013) plantea que cualquier material en el

intestino de los organismos, como partículas de arena, puede interferir en la inspección visual, por tanto debe ser removido. Pasado el tiempo de depuración, se extrajo el tejido de la concha y se realizó una digestión con ácido nítrico hasta observar el tejido completamente degradado. Esta solución fue filtrada por un filtro de lana de vidrio de 0.7µm y enjuagada con abundante agua destilada filtrada, y posteriormente el filtro fue secado a 45°C por 24h para su observación en el microscopio.

Con el objetivo de evitar una mala cuantificación y garantizar la calidad de los resultados, se le realizó blancos a cada ensayo utilizando agua destilada. Los blancos recibieron el mismo tratamiento que las matrices a evaluar. La realización de blancos en estos ensayos es parte del control de calidad para ofrecer una idea sobre la contaminación externa durante el pretratamiento y análisis de las muestras.

Análisis visual

Todos los filtros fueron inspeccionados bajo microscopio óptico con una magnificación de 10 x (Lusher et al. 2014). Primero fueron analizados los blancos para de esta forma tener una idea de la posible contaminación que pudo ocurrir mediante el procesamiento de las muestras. Luego se analizaron las muestras contando todas las partículas retenidas en el filtro y se clasificaron como microplásticos todas aquellas partículas con una estructura definida y color, teniendo en cuenta las características propuesta por (Rocha-Santos y Duarte 2014), y para tener certeza de que fueran partículas de plásticos se utilizó la técnica de la aguja caliente (Center for Environmental Studies 2015).

Teniendo en cuenta que este estudio fue el primero realizado de este tipo en la bahía de Cienfuegos, su objetivo se enfocó solo en evaluar presencia de microplásticos en las matrices colectadas, por lo que se cuantificó solamente los microplásticos visibles y no se clasificaron en forma y color, así como su composición química.

Análisis estadístico

La evaluación estadísticas presenta un poco de dificultad cuando existen pocas variables a comparar como son solo dos épocas del año, seca y lluvia. En este caso se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar la concentración de microplásticos de cada una de las matrices evaluadas, entre los períodos del año (seca y lluvia). Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XV.II.

Resultados y Discusión

Se observaron microplásticos en agua de mar, sedimento y *P. viridis* en todas las estaciones evaluadas de la bahía de Cienfuegos, y en ambos períodos, seca y lluvia. La comparación entre los resultados de este estudio con otras investigaciones presenta dificultad, debido a la variedad de metodologías empleadas para la extracción y cuantificación de microplásticos en muestras ambientales, incluyendo los tipos de muestreo utilizado y el procesamiento, utilizando otras soluciones para la separación de los microplásticos de las matrices a estudiar.

En los blancos se encontró un promedio de 2.3 microplásticos/blanco. En todos los casos los resultados se evaluaron después de analizar estas muestras, donde cualquier partícula detectada en el blanco fue omitida al analizar las muestras tanto de agua de mar, como sedimento y *P. viridis*.

La media de microplásticos encontrados en el agua de mar de la bahía de Cienfuegos para el período seco fue de 49 562.5 microplásticos/m³ oscilando en un rango entre 3000 y 581 500 microplásticos/m³, siendo la estación 12 la que presentó mayor concentración. En el período lluvioso se encontró una media de 5093.75 microplásticos/m³ en rango entre 0.0 y 10 500 microplásticos/m³ mostrando la mayor concentración en la estación 16 (Fig. 2). En esta época del año la mayoría de los valores fueron menores que los encontrados en el período seco exceptuando las estaciones 10 y 16.

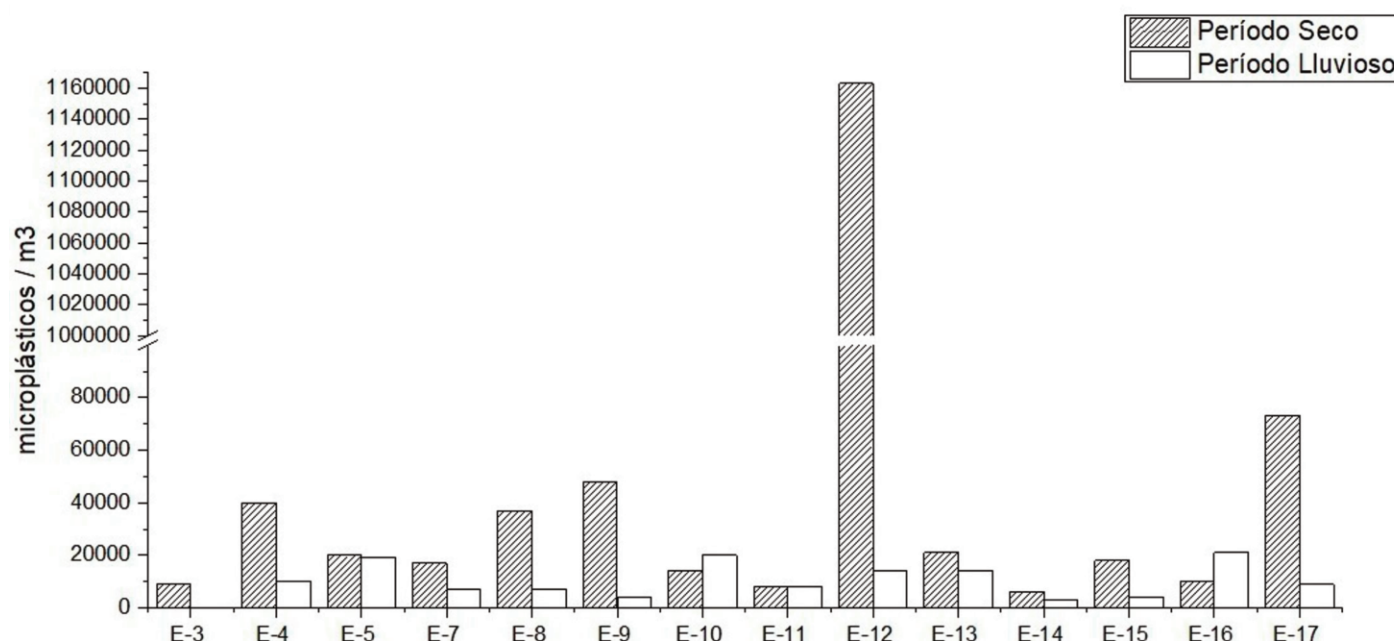


Figura 2. Concentraciones de microplásticos en agua de mar de la bahía de Cienfuegos en el período seco (gris) y el período lluvioso (blanco).

Figure 2. Microplastics concentrations in sea water from Cienfuegos Bay during dry (grey) and rainy (white) seasons.

En esta matriz no se encontraron diferencias significativas entre los períodos de seca y lluvia, sin embargo se puede observar una mayor concentración de microplásticos en la estación 12 en el período seco que difiere de las demás estaciones. Esta estación se encuentra muy cerca de la ciudad de Cienfuegos, por lo que recibe una fuerte influencia antropogénica debido al descargue de las aguas de desechos, siendo esta una de las fuentes principales de microplásticos a nivel mundial. En el caso de las estaciones 10 y 16 se encuentran cerca de la desembocadura de río Inglés y de la Laguna de Guanaroca respectivamente. Según Cheung y colaboradores las zonas influidas por la descarga de ríos y tormentas se han identificado como “vectores de desechos marinos de origen antropogénico” (Cheung et al. 2016).

Los valores alcanzados en el agua de mar en ambos períodos son mayores que la registrada en varios estudios (Tabla 1). Tal es el caso del estuario Goiana en Brasil donde encontraron una concentración de 0.043 microplásticos/m³ en el período seco y 0.035 microplásticos/m³ en período lluvioso (Lima et al. 2014). Otros estudios, son los realizados en costas de Sudáfrica en donde registró un valor total de microplásticos entre 257.9 y 1215 microplásticos/m³ (Nel y Froneman 2015) y en zonas estuarinas con valores entre 0.2 y 48.7 microplásticos/m³ (Naidoo et al. 2015).

En el sedimento la media de los valores encontrados en el período seco para la Bahía de Cienfuegos fue de 357.14 microplásticos/kg \pm 291.92804 microplásticos/kg, peso húmedo, con un rango entre 20 y 1000 microplásticos/kg, siendo la estación 11 la que presentó mayor concentración. Esta estación se encuentra muy cerca de la ciudad de Cienfuegos por lo que también recibe una fuerte influencia antropogénica debido al descargue de las aguas de desechos. En el período lluvioso los valores aumentaron con respecto al período seco en la mayoría de las estaciones, encontrándose una media de 852.86 microplásticos/kg \pm 339.63706 microplásticos/kg, peso húmedo, en un rango entre 280 y 1400 microplásticos/kg reportando la mayor concentración en la estación 15 (Fig. 3). Esta estación se encuentra influenciada por las aguas provenientes de la desembocadura de los ríos Arimao y Caunao. Según los análisis realizados con la ayuda del paquete estadístico, existen diferencias estadísticamente significativas entre la concentración de microplásticos en el sedimento en la temporada seca y la temporada de lluvia, con un nivel de confianza del 95.0 % (Tabla 2; Fig. 4).

Tabla 1. Comparación de los nuestros resultados de agua de mar obtenidos en la Bahía de Cienfuegos con otros estudios.

Table 1. Comparison of our results of sea water in Cienfuegos Bay with other studies.

Sitio	microplásticos/m ³	Referencia
Bahía de Cienfuegos	3000 y 581 500 (período seco)	Este trabajo
	0.0 y 10 500 (período lluvioso)	
Brasil	0.043 (período seco)	Lima et al. 2014
	0.035 (período lluvioso)	
Sudáfrica (Bahía)	257.9 y 1215	Nel y Froneman 2015
Sudáfrica (Zona estuarina)	0.2 y 48.7	Naidoo et al. 2015

Tabla 2. Resumen del análisis estadístico realizado a las muestras de sedimento en la bahía de Cienfuegos evaluando diferencias en la densidad de microplásticos entre temporada lluviosa y seca.

Table 2. Statistical results of the comparison of microplastic densities between rainy and dry seasons for sediments of Cienfuegos bay.

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	1.87E+06	1.87E+06	18.44184	1.90E-04
Error	28	2.84E+06	101 363.776		
Total	29	4.71E+06			

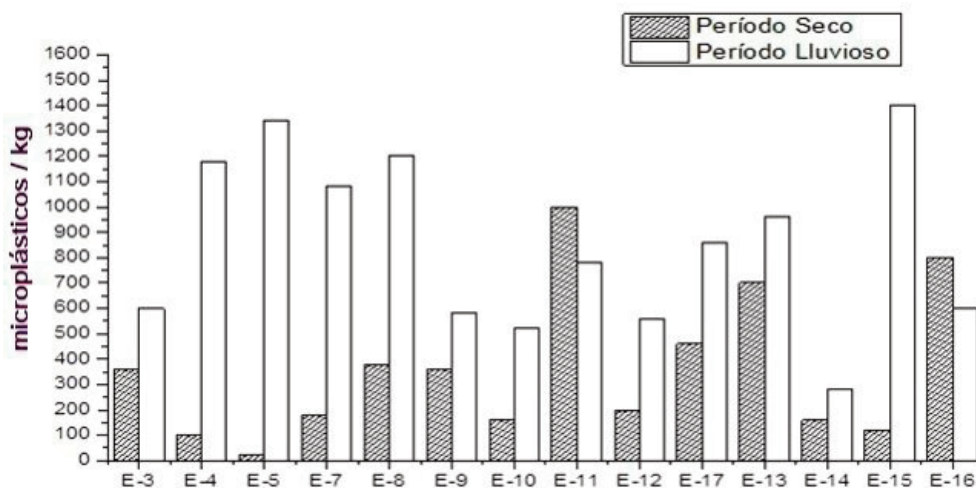


Figura 3. Concentraciones de microplásticos en el sedimento de la bahía de Cienfuegos en el período seco (gris) y el período lluvioso (blanco).

Figure 3. Microplastics concentrations in sediments from Cienfuegos Bay, during dry (grey) and rainy (white) seasons.

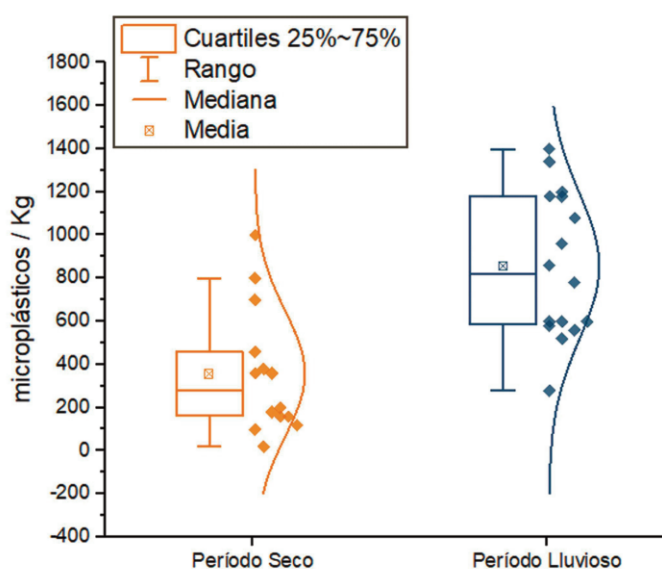


Figura 4. Densidad de microplásticos en el sedimento en los períodos seco y lluvioso.

Figure 4. Microplastics density in sediment during dry and rainy seasons.

Existen varios estudios que registran concentraciones de microplásticos en el sedimento (Tabla 3) aunque no tienen en cuenta las estaciones del año, tal es el caso del trabajo realizado en las Islas Baleares donde se registran valores de 0.16 microplásticos/kg (Alomar et al. 2016). Otros estudios son los registrados en costas Alemanas donde la concentración de microplásticos fue de 7 microplásticos/kg (Stolte et al. 2015), además de lo registrado por Claessens y colaboradores (2011) con valores de 167 microplásticos/kg cerca de las costas de Bélgica. Los valores encontrados en la Bahía de Cienfuegos fueron mayores que los registrados en estos estudios para ambos períodos estacionales, no siendo así para los valores registrados en la ciudad de Wanning, China donde la concentración fue de 8714 microplásticos/kg (Qiu et al. 2015).

Otros estudios donde sí tienen en cuenta las estaciones del año (seca y lluvia) son los realizados por Cheung et al. (2016) en estuarios de China, donde registran valores de 889 y 5595 microplásticos/m² en el período seco y lluvioso, respectivamente. En diferentes playas de Corea del Sur Lee et al. (2013) registraron valores de 8205 y 27 606 microplásticos/m² en el período seco y lluvioso, respectivamente. Aún, cuando los métodos de colecta y pretratamiento

Tabla 3. Comparación de los resultados encontrados en el sedimento de la Bahía de Cienfuegos con otros estudios.

Table 3. Comparison of sediment results in Cienfuegos Bay with other studies.

Sitio	microplásticos/kg	Referencia
Bahía de Cienfuegos	20 y 1000 período seco	Este estudio
	280 y 1400 período lluvioso	
España	280 y 1400	Alomar et al. 2016
Alemania	7	Stolte et al. 2015
Bélgica	167	Claessens et al. 2011
China	8714	Qiu et al. 2015

de las muestras difieren entre los estudios comparados, en todos los casos las mayores concentraciones de microplásticos fueron registradas en el periodo lluvioso, resultado similar al encontrado en nuestro estudio.

El aumento de la concentración de microplásticos en el periodo lluvioso en los sedimentos pueden estar dado mediante el escurrimiento superficial, ya que así se puede transportar basura plástica de zonas del interior de corrientes y ríos y precipitar en los sedimentos debido a la disminución de la salinidad en esta época del año con respecto al periodo seco (Cheung et al. 2016).

La concentración de microplásticos en *P. viridis* osciló en el periodo seco entre 9.3 y 15.7 microplásticos/g, peso húmedo, presentando la mayor concentración en los Prácticos del Puerto, sitio que se encuentra muy cerca de la ciudad de Cienfuegos por lo que recibe una fuerte influencia antropogénica de la propia ciudad. Para el periodo lluvioso la mayor concentración fue registrada para Junco Sur, zona que también presenta una fuerte influencia de la actividad antropogénica aunque mucho menor que la recibida por la ciudad de Cienfuegos. En el periodo lluvioso los valores se encontraron entre 2.5 y 5.8 microplásticos/g, peso húmedo siendo Junco Sur quien presentó mayor concentración (Fig. 5). Según los análisis realizados con la ayuda del paquete estadístico, existen diferencias estadísticamente significativas entre la concentración de microplásticos en *P. viridis* en la temporada seca y la temporada de lluvia, con un nivel de confianza del 95.0 % (Tabla 4; Fig. 6).

Debido a la actividad extensiva de filtración que presentan los bivalvos para su alimentación existen varios estudios donde se evalúa la concentración de microplásticos en sus tejidos. Dentro de las especies más utilizadas se encuentran las pertenecientes a la familia *Mytilidae* (familia de la especie *P. viridis*) tal es el caso de la especie *Mytilus galloprovincialis* con un valor promedio de 0.12 microplásticos/g, estudio realizado en tres lugares reconocidos como "hotspot" de Europa ((estuario del Pó, Italia; estuario del Tajo, Portugal; estuario del Ebro, España), (Vandermeersch et al. 2015). Otra de las especies utilizada en estos estudios es *Mytilus edulis* con valores registrados de 0.2 microplásticos/g, en seis estaciones a lo largo de las costas del norte de Francia y Bélgica y Holanda (Van Cauwenberghe et al. 2015) y 0.36 microplásticos/g (Van Cauwenberghe y Jansen 2014) estudio realizado en granja de cultivo de Alemania. En todos estos casos los valores registrados son menores que los obtenidos en este estudio tanto para el periodo seco como para el periodo lluvioso.

En el periodo seco las mayores concentraciones de microplásticos en agua mar, sedimento y *P. viridis* se encontraron en estaciones muy próximas a la ciudad de Cienfuegos. Algunos estudios plantean que existe una relación positiva entre la densidad de microplásticos en el ecosistema y la poblacional humana, por lo que la contaminación por microplásticos sería mayor en lugares cercanos a asentamientos urbanos (Browne et al. 2011; Nel y Frone-man 2015). En este periodo las concentraciones de microplásticos se centraron en el lóbulo Norte de la bahía zona de mayor actividad antropogénica.

En el periodo lluvioso las mayores concentraciones en agua de mar y sedimento se encontraron en las estaciones 16 y 15, respectivamente, muy cerca de la Laguna de Guanaroca y también bajo la influencia de la desembocadura de los ríos Arimao y Caunao. Sin embargo, en el caso de *Perna viridis* para este periodo las mayores concentraciones fueron registradas en la estación de Junco Sur, zona influenciada por una pequeña parte de la población cienfueguera. Para este periodo las concentraciones de microplásticos se centraron en el lóbulo Sur de la bahía.

Conclusiones

Teniendo en cuenta que este estudio fue el primero realizado de este tipo en la bahía de Cienfuegos el objetivo fue solo evaluar la presencia de microplásticos en tres matrices ambientales, y no se los clasificó ni se les realizó ningún análisis químico para determinar su composición.

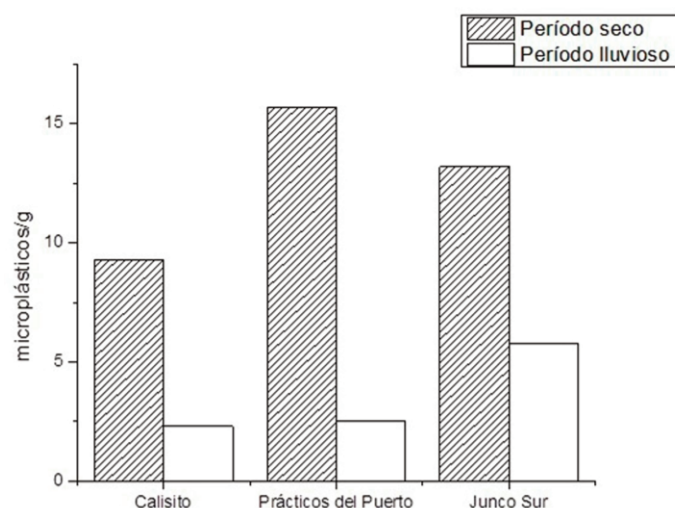


Figura 5. Concentraciones de microplásticos en *Perna viridis* de la bahía de Cienfuegos en el periodo seco (gris) y el periodo lluvioso (blanco).

Figure 5. Microplastics concentrations in *Perna viridis* from Cienfuegos Bay, during dry (grey) and rainy (white) seasons.

Tabla 4. Resumen del análisis estadístico realizado a las muestras de *Perna viridis* en la bahía de Cienfuegos evaluando diferencias en la densidad de microplásticos entre temporada lluviosa y seca.

Table 4. Statistical results of the comparison of microplastic densities between rainy and dry seasons for *Perna viridis* samples of Cienfuegos Bay.

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	1605.55556	1605.55556	30.49327	4.64E-05
Error	16	842.44444	52.65278		
Total	17	2448			

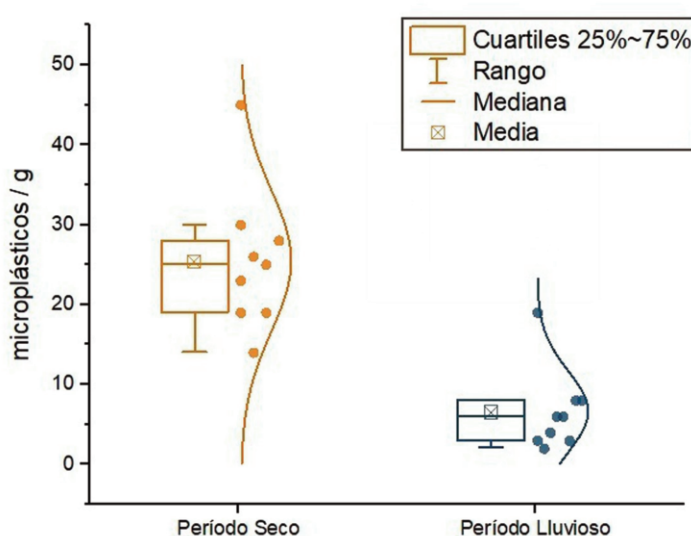


Figura 6. Densidades de microplásticos en *Perna viridis* en los periodos seco y lluvioso

Figure 6. Microplastics densities in *Perna viridis* in dry and rainy seasons.

Los microplásticos fueron observados en las tres matrices seleccionadas para el estudio, (agua de mar, sedimento y *P. viridis*) en todas las estaciones evaluadas de la bahía de Cienfuegos.

En el agua de mar las mayores concentraciones de microplásticos fueron encontradas en el período seco alcanzando los valores mayores en la estación 12, sitio que recibe una fuerte influencia de la actividad antropogénica de la ciudad de Cienfuegos.

En el sedimento se observaron diferencias significativas entre los períodos evaluados, fue en el período lluvioso donde se encontraron las mayores concentraciones, específicamente en la estación 15, sitio influenciado directamente por las aguas provenientes de la desembocadura de los ríos Arimao y Caunao, exceptuando la estación 11 donde se encontró una mayor densidad en el período seco con respecto al período lluvioso.

En *P. viridis* se observaron diferencias significativas entre los períodos evaluados, encontrándose los valores mayores en el período seco, clasificando los Prácticos del Puerto con la mayor densidad de microplásticos, sitio que se encuentra también bajo una fuerte influencia antropogénica de la ciudad de Cienfuegos.

Recomendaciones

Aun cuando logramos identificar la presencia de microplásticos en la bahía de Cienfuegos, son muchos los estudios a realizar para lograr entender su comportamiento, así como posibles afectaciones a la fauna marina. Por tanto, recomendamos realizar estudios más específicos sobre la contaminación de microplásticos, teniendo en cuenta el movimiento de las aguas dentro de la bahía, incluyendo factores como el viento y la salinidad en las distintas estaciones y épocas de muestreo, que nos permitan determinar zonas de mayor y menor acumulación de basura plástica que puedan ser fuente de generación de microplásticos.

Referencias

- Alomar, C., Estarellas, F., Deudero, S. 2016. Microplastics in the Mediterranean Sea: Deposition in coastal shallow sediments, spatial variation and preferential grain size. *Marine Environmental Research* 115: 1-10.
- Alonso-Hernández, C.M., Gómez-Batista, M., Cattini, C., Villeneuve, J.P., Oh, J. 2012. Organochlorine pesticides in Green Mussel, *P. viridis*, from the Cienfuegos Bay, Cuba. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 89(5):995-999.
- Arthur, C., Baker, J., Bamford, H. (eds.). 2009. *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. Sept 9-11, 2008*. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30. Silver Spring, MD, Estados Unidos. Disponible en: <https://marinedebris.noaa.gov/proceedings-international-research-workshop-microplastic-marine-debris>
- Avio, C.G., Gorbi, S., Regoli, F. 2015. Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea. *Marine Environmental Research* 111:18-26.
- Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Tteuten, E., Tonkin, A., Galloway, T.S., Thompson, R.C. 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks. *Environmental Science and Technology* 45:9175-9179.
- Cheung, P.K., Cheung, L.T.O., Fok, L. 2016. Seasonal variation in the abundance of marine plastic debris in the estuary of a subtropical macro-scale drainage basin in South China. *Science of The Total Environment* 562:658-665.
- Center for Environmental Studies. 2015. *Guide to Microplastic Identification*. Marine and Environmental Research Institute. Blue Hill, ME, Estados Unidos. Disponible en: http://static1.squarespace.com/static/55b29de4e4b088f33db802c6/t/56faf38459827e51fccdfc2d/1459286952520/MERI_Guide+to+Microplastic+Identification.pdf
- Claessens, M., Meester, S., Landuyt, L., Clerck, K., Janssen, C.R. 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin* 62(10):2199-2204.
- Claessens, M., Van-Cauwenberghe, L., Vandegehuchte, M., Janssen, C. 2013. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Marine Pollution Bulletin* 70(1-2):227-233.
- Fok, L., Cheung, P.K. 2015. Hong Kong at the Pearl River Estuary: A hotspot of microplastic pollution. *Marine Pollution Bulletin* 99(1-2):112-118.
- Frias, J., Pagter, E., Nash, R., Connor, I.O. 2018. Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments. En: Gerdts, G. (Coord.) *Defining the baselines and standards for microplastics analyses in European waters, WP4 Sampling methodologies for microplastics in the marine environment: standardisation, suitability and intercomparison*. JPI-Oceans BASEMAN project. JPI Oceans AISBL, Bruselas, Bélgica. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326552185_Standardised_protocol_for_monitoring_microplastics_in_sediments
- García-Chamero, A., Gómez-Batista, M., Alonso-Hernández, C., Helguera-Pedraza, Y., Chamero-Lago, D., Torres-Martín, A. 2016. Distribución de mercurio en la Bahía de Cienfuegos. Evaluación de *P. viridis* (Mollusca: Bivalvia) como bioconcentrador. *Revista Cubana de Química* 28(1):507-519.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M. 2012. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science Technology* 46:3060-307.
- Hidalgo-Ruz, V., Macaya-Caquilpán, V., Thiel, M. 2016. *Muestreo Nacional de Microplásticos en las playas de Chile*. Universidad Católica del Norte, Chile. Disponible en: <http://www.cientificosdelabasura.cl/archivo/antrior/documento/15/Informe%203er%20Muestreo%20Nacional%20de%20la%20Basura%20en%20las%20Playas%202016.pdf>
- Lee, J., Hong, S., Song, Y.K., Hong, S.H., Jang, Y.C., Jang, M., et al. 2013. Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea. *Marine Pollution Bulletin* 77 (1-2), 349-354
- Li, J., Dongqi Y., Lan L., Khalida J., Huahong S. 2015. Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental Pollution* 207:190-195.
- Lima, A., Costa, M., Barletta, M. 2014. Distribution patterns of microplastics within the plankton of a tropical estuary. *Environmental Research* 132:146-155.
- Lippiatt, S., Opfer, S., Arthur, C. 2013. *Marine Debris Monitoring and Assessment: Recommendations for Monitoring Debris Trends in the Marine Environment*. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-46. NOAA Marine Debris Division, Silver Spring, MD, Estados Unidos. Disponible en: <https://marinedebris.noaa.gov/file/2159/download?token=GS-PeXYO>
- Long, M., Moriceau, B., Gallinarl, M., Lambert, C., Huvet, A., Raffray, J., Soudant, P. 2015. Interactions between microplastics and phytoplankton aggregates: Impact on their respective fates. *Marine Chemistry* 175:39-46.
- Lusher, A.L., Burke, A., O'Connor, I., Officer, R. 2014. Microplastic pollution in the Northeast Atlantic Ocean: Validated and opportunistic sampling. *Marine Pollution Bulletin* 88(1-2):325-333.
- Naidoo, T., Glassom, D., Smit, A. 2015. Plastic pollution in five urban estuaries of KwaZulu-Natal, South Africa. *Marine Pollution Bulletin* 101(1):473-480.
- Nel, H.A., Froneman, P.W. 2015. A quantitative analysis of microplastic pollution along the south-eastern coastline of South Africa. *Marine Pollution Bulletin* 101(1):274-279.
- Phillips, M.B., Bonner, T.H. 2015. Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico. *Marine Pollution Bulletin* 100(1):264-269.
- Qiu, Q., Peng, J., Yu, X., Chen, F., Wang, J., Dong, F. 2015. Occurrence of microplastics in the coastal marine environment: First observation on sediment of China. *Marine Pollution Bulletin* 98(1-2):274-280.
- Rocha-Santos, T., Duarte, A.C. 2014. A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. *Trends in Analytical Chemistry* 65:47-53.
- Seisdedo Losa, M. 2006. Variaciones espaciales y temporales en indicadores de la calidad ambiental de las aguas de la Bahía de Cienfuegos, Cuba. *Investigaciones Marinas* 27:159-164.
- Song, Y.K., Hong, S.H., Jang, M., Han, G.M., Rani, M., Lee, J., Shim, W.J. 2015. A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Marine Pollution Bulletin* 93:202-209.

- Stolte, A., Forster, S., Gerdts, G., Schubert, H. 2015. Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast. *Marine Pollution Bulletin* 99:216-229.
- Strungaru, S., Jijie, R., Nicoara, M., Plavan, G., Faggio, C. 2018. Micro-(nano) plastics in freshwater ecosystems: abundance, toxicological impact and quantification methodology. *Trends in Analytical Chemistry* 110:116-128.
- Van Cauwenberghe, L., Janssen, C.R. 2014. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution* 193:65–70.
- Van Cauwenberghe, L., Devriese, L., Galgani, F., Robbins, J., Janssen, C. 2015. Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research* 111:5-17.
- Vandermeersch, G., Van-Cauwenberghe, L., Janssen, C., Marques, A., Granby, K., Falt, G. 2015. A critical view on microplastic quantification in aquatic organisms. *Environmental Research* 143 (2014):46–55.
- Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., Daros, L. 2013. Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 130:54-61.
- Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., Li, M. 2016. The behaviors of microplastics in the marine environment. *Marine Environmental Research* 113:7–17.