

Distribución y abundancia de microplástico en fondos marinos arenosos de tres islas pobladas de Galápagos

Kevin Alexis Mindiola ⁽¹⁾, José Fernando Ponton ⁽²⁾, Jorge Rafael Bermúdez ⁽³⁾, Luis Elvin Domínguez ⁽⁴⁾

Facultad de Ciencias de la Vida (FCV) ^{(1) (2)}

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales (FIMBCBOR) ⁽³⁾

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas (FCNM) ⁽⁴⁾

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

kmindiol@espol.edu.ec ⁽¹⁾, jfponton@espol.edu.ec ⁽²⁾

ABSTRACT

The presence of microplastics in marine environments has become an important environmental concern. The Galapagos Islands waters, recognized for their high endemism and diversity of marine species, are exposed to these contaminants produced by local human population or transported by marine currents. Some of these particles sink to the sea bottom and mix with the sediment. Consequently, it is important to analyze the presence, distribution and morphological composition of microplastic particles in marine bottoms of the Galapagos. In the present study, sediment samples from coastal subtidal soft bottoms were collected using a Van Veen dredge to assess the existence of microplastics particles around three populated islands of the archipelago (Santa Cruz, San Cristobal and Isabela). Sampling was conducted at 27 stations, and microplastic particles were counted and classified according to size and shape. Total abundance and volume were estimated and compared using non-parametric statistical analysis among islands. A total of 669 microplastic particles were counted and analyzed estimating volume and abundance. Santa Cruz showed the higher volume of microplastic in comparison with other islands (308706 mm³/L), while San Cristobal showed the higher abundance of microplastic (34275 particles/L). PCA indicated that 'fragment' type microplastic was more common in places near docks, and 'row' type microplastic is characteristic of places with little influence of currents (i.e. enclosed bays). This is the first study that contributes to the understanding of microplastic presence and abundance in subtidal soft bottoms in the Galapagos Marine Reserve. It is intended to provide valuable information as a baseline for further studies, which assess the effects of microplastic pollution on marine benthic communities and their habitat.

Keywords: *Microplastics, sediment, subtidal soft bottoms, Galapagos*

1. Introducción

Las Islas Galápagos constituyen uno de los ecosistemas con mayor endemismo del planeta, tanto en ecosistemas marinos como terrestres (Piu, 2002; PNG, 1998). A pesar que el 97% de su territorio terrestre forma parte del Parque Nacional Galápagos, un área protegida creada en 1959 por el gobierno ecuatoriano, el 3% restante es ocupado por una población residente con uno de los mayores índices de crecimiento del Ecuador (6,4 %; DPNG, 2014). Internamente, Santa Cruz es el cantón más poblado, con 15393 habitantes, seguido de San Cristóbal con 7475 habitantes, e Isabela con 2256 habitantes (DPNG, 2014). Estas islas dependen principalmente del turismo como actividad económica, por lo que se ha observado en los últimos años, un incremento de infraestructura turística, transporte de carga hacia Galápagos, y cultivos agrícolas y pesquerías para suplir la demanda de alimentos. (Carrión-Tacuri, 2014); generando con ello, una gran cantidad de contaminantes de origen antropogénico, y siendo uno de los principales, el plástico. El plástico es un polímero orgánico sintético derivado de petroquímicos utilizado a gran escala en varias actividades humanas (Andrady & Pegram, 1989). Entre las características que lo hacen atractivo en el mercado, podemos mencionar a

su ligereza, bajo costo, alta duración y resistencia a la corrosión; convirtiéndolo en un material fácilmente desechable (Wessel et al., 2016). Debido a esto, se ha estimado que alrededor de 4,8 a 12,7 millones de toneladas de plástico desechados, terminan en el medio marino (Cozar et al., 2014)

Microplásticos se consideran a las partículas menores de 5 mm que resultan de la degradación de piezas más grandes de plástico por acción de la radiación solar UV, radiación térmica y/o química (Van Cauwenberghe et al, 2013; Vianello et al., 2013). Estas piezas pasan mucho tiempo flotando en las capas superficiales del océano, y se acumulan y depositan dentro de los sedimentos marinos y playas cercanas (Claessens, et al., 2011). A su vez, los organismos de la zona pelágica y bentónica interactúan con estas partículas, a través de la ingesta y podrían intoxicarse debido a los contaminantes asociados al plástico. que se acumulan en sus diversos órganos y tejidos (Ivar do Sul & Costa, 2014).

La distribución de microplástico ha sido ampliamente estudiada en los últimos años en zonas cercanas a sistemas marino-costeros del este y oeste de América del Norte, Caribe, Sur de África, Mediterráneo, Europa, Antártida y Asia (Browne et al., 2011; Nel & Froneman, 2015), en base a su

posible origen, relación con zonas pobladas y ríos (Kunz et al., 2016); sin embargo, para la zona de Sudamérica, los

El presente estudio tiene como objeto examinar la presencia, composición y distribución de microplásticos en los fondos

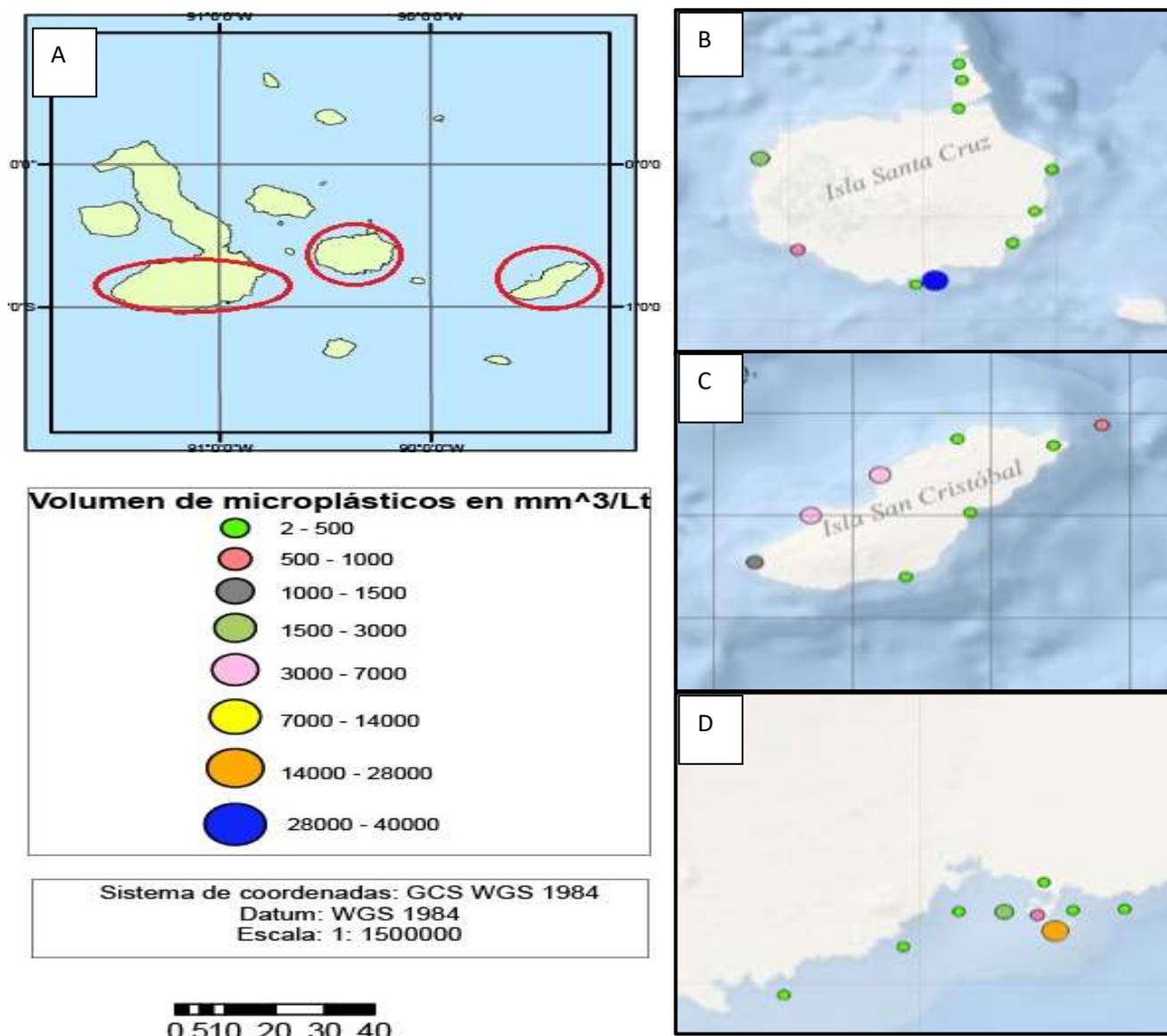


Figura 1.- a) Distribución espacial de volumen de microplástico (mm³/L) muestreado en tres islas pobladas de las Galápagos, Ecuador; b) estaciones de muestreo en isla Santa Cruz, c) estaciones de muestreo en isla San Cristóbal, d) estaciones de muestreo en el sur de isla Isabela.

estudios son escasos (Isobe et al., 2017). En el caso del archipiélago de Galápagos, que al ubicarse geográficamente en una posición geográfica donde convergen varias corrientes marinas (Lucero & Mindiola, 2007), se desconoce si el origen de estos contaminantes es predominantemente local o foráneo.

2. Materiales y Métodos

2.1. Muestreo de campo

27 muestras de sedimento de fondo arenosos fueron tomadas de diferentes puntos cercanos a las costas de las islas Santa Cruz y San Cristóbal y del sur de Isabela entre el 21 de octubre y 27 octubre de 2016 (estación fría), por medio de una draga Van Veen. Se colectó alrededor de 1 L de

arenosos costeros de tres islas pobladas del archipiélago de Galápagos. Para ello, se estimará la abundancia de partículas de microplástico en muestras de sedimento y el volumen total que ocupan; también se clasificarán de acuerdo a su forma. De esta manera se genera información base para estudios sobre el efecto del microplástico en las comunidades bentónicas marinas de galápagos. sedimento mezclado con agua de mar en recipientes plásticos y se fijó con formol al 8 %. En cada estación de muestreo se determinó la profundidad del fondo con una sonda electrónica y se determinó su coordenada geográfica (GMS) con un GPS. Además, se realizó una caracterización descriptiva de cada sitio en base a su grado de intervención humana (i.e. cercanía a poblados, áreas turísticas, áreas de puerto), geomorfología costera, exposición a oleajes, entre otros (Tabla 1).

Las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Fitozoplancton de Espol (Guayaquil, Ecuador), en donde fueron pasadas por un tamiz de 0.6 mm de ojo de malla. Se obtuvieron submuestras de 15 mL de sedimento con agua por medio de un separador Folsom y se las colocó en una cámara Bogorov. Posteriormente, mediante un estereomicroscopio Olympus, se contaron y midieron (μm) las partículas de microplástico, clasificándolas en 4 categorías en base a su morfología (fila, esponja, fragmento y funda; Figura 2). Además, se separó la macrofauna acompañante de cada muestra, pero su análisis estuvo fuera del alcance de este estudio.

2.2 Análisis estadístico

Se estimó la abundancia total de partículas de microplástico por litro de sedimento, en base al número de fracciones requeridas en el separador Folsom. Existió una alta variabilidad en el número de fracciones requeridas en las

muestras debido a diferencias granulométricas entre sitios. Además, se calculó el volumen de cada partícula de microplástico (mm^3) en base al cálculo de biovolumen de Rott (1981), asociándose la forma de cada partícula de microplástico a la de una figura geométrica conocida (Tabla A.1).

Se determinó si existieron diferencias significativas ($p=0.5$) en cuanto a abundancia y volumen de microplástico entre sitios de muestreo utilizando el software estadístico STATISTICA (Version 7, StatSoft, Inc., 2006). Debido a que los datos no mostraron una distribución normal, se utilizó la prueba inferencial no paramétrica de Kruskal-Wallis. Además, se realizó un análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) en base a una matriz de correlaciones, utilizando abundancia, volumen, porcentaje de partículas por categoría y distancia a poblado cercano como variables, para determinar la contribución de éstas en la variabilidad de las muestras, y así, poder determinar clúster en base a similitudes espaciales.

Tabla 1.- Descripción de las estaciones de muestreo de microplástico en fondos submareales arenosos alrededor de tres islas pobladas del archipiélago de las Galápagos, junto a la abundancia estimada de partículas por litro de sedimento de cada estación, y volumen del microplástico calculado por estación. ¹ Bahías, ² estaciones expuestas al oleaje.

Isla	Código estación	Nombre estación	Coordenadas (GMS)		Profundidad (m)	Abundancia estimada (partículas/L)	Volumen estimado (mm^3/L)
			Latitud	Longitud			
Santa Cruz	SA1	¹ Tortuga Bay	0°46'31.8"	90°19'90.70"	12	1080	409.2
Santa Cruz	SA2	² Cerro Gallina	0°43'9.70"	90°29'18.38"	9.6	585	625.6
Santa Cruz	SA3	¹ El Edén	0°33'79.8"	90°32'07.00"	2.7	480	2310.9
Santa Cruz	SA4	¹ Base Naval	0°26'44.0"	90°17'03.80"	5.4	2430	264.3
Santa Cruz	SA5	² Canal de Itabaca	0°29'31.4"	90°17'19.00"	7.5	1485	130.0
Santa Cruz	SA6	¹ Islas Plazas	0°34'85.2"	90°09'81.8"	9.6	300	3.2
Santa Cruz	SA7	Muelle	0°44'89.8"	90°18'82.6"	1.5	6750	304741.4
Santa Cruz	SA8	² Garrapatero	0°41'91.3"	90°13'17.9"	5.7	900	2.9
Santa Cruz	SA9	² Roca Fuerte	0°39'25.1"	90°10'98.7"	5.5	210	103.9
Santa Cruz	SA10	² Seymour	0°24'71.6"	90°16'78.1"	7.8	1260	115.2
San Cristóbal	SB6	¹ Puerto Chino	0°55'60.5"	84°25'67.3"	8.1	2520	144.5
San Cristóbal	SB7	² Rosa Blanca	0°49'44.0"	89°20'88.1"	6.6	4935	59.9
San Cristóbal	SB10	² Punta Pitt	0°42'69.9"	89°14'86.25"	4.5	3570	197.9
San Cristóbal	SB11	² Punta Norte	0°41'11.5"	89°12'02.2"	4.5	3360	772.7
San Cristóbal	SB12	¹ Bahía Sardinias	0°41'93.0"	89°21'18.31"	5.1	2310	91.0
San Cristóbal	SB13	² Cerro Brujo	0°46'04.8"	89°27'59.2"	7.5	3045	4609.5
San Cristóbal	SB14	¹ Manglarito	0°49'61.6"	89°32'59.4"	3.9	2655	3380.2
San Cristóbal	SB16	Muelle	0°53'97.5"	89°36'62.4"	4.5	11880	1209.9
Isabela	I1	² Punta Barahona	0°59'76.8"	91°01'94.7"	9	1725	39.4
Isabela	I2	² Las Lágrimas	0°58'67.0"	91°00'18.8"	10	1980	229.7
Isabela	I3	² Playa del Amor	0°57'75.2"	90°59'15.7"	10	675	317.5
Isabela	I4	Antiguo Desagüe	0°57'75.8"	90°57'84.1"	5	1260	1662.9
Isabela	I5	¹ Ortencia	0°57'73.4"	90°57'06.1"	7	300	175.1
Isabela	I6	¹ Lobería Grande	0°57'71.8"	90°55'67.4"	8	840	285.2
Isabela	I7	¹ Lobería Chica	0°58'44.0"	90°57'26.0"	5	3045	29276.2

Isabela	18	2Las Tintoreras	0°57'33.0"	90°57'39.1"	5	1425	286.35
Isabela	19	Muelle	0°57'80.5"	90°57'46.4"	3	2025	788.85

3. Resultados

Se observaron y midieron un total de 669 partículas de microplástico en las muestras de las 3 islas más pobladas de Galápagos, estimándose la mayor abundancia de partículas en la isla San Cristóbal ($N = 34275$; $\bar{x} = 4284 \pm 3178$), seguido de Santa Cruz ($N = 14595$, $\bar{x} = 2160 \pm 1874$) e Isabela ($N = 13590$ $\bar{x} = 1510 \pm 810$). El mayor volumen (mm^3) fue estimado en Santa Cruz ($N = 308706.65$, $\bar{x} = 30870 \pm 96230$), seguido de Isabela ($N = 33061$, $\bar{x} = 3673 \pm 9614$) y San Cristóbal ($N = 10465.6$ $\bar{x} = 1308 \pm 1736$). La profundidad promedio entre las estaciones de muestreo fue de 7.4 m. La estación que mayor abundancia de partículas reportó fue SB16, localizada en el muelle de San Cristóbal, a 4.5 m de profundidad (Tabla 1).

Se encontraron diferencias significativas de abundancia de microplástico entre islas, las cuales se debieron a San Cristóbal (Kruskal–Wallis test valor, $p = 0.0024$) (Figura 3a); por el contrario, no se encontraron diferencias significativas en cuanto a volumen (Kruskal–Wallis test, $p = 0.6572$) (Figura 3b).

Se observó la presencia de microplástico en todas las muestras de sedimento, siendo las estaciones localizadas

cerca del muelle principal en cada isla, las que presentaron el mayor volumen de microplástico por litro de sedimento ($3000 - 40000 \text{ mm}^3$) (Figura 1). Además, todas las categorías de microplástico fueron reportadas en las muestras (Figura 2). El microplástico tipo fragmento presentó mayor frecuencia relativa (47 a 60 %) entre islas, mientras que el tipo esponja fue el de menor frecuencia (2 a 7 %; Figura 4).

El PCA demostró que los componentes 1 y 2 explican el 51,34 % de la varianza total entre las muestras. La componente 1 explicó el 30.36 % de la varianza; mientras que la componente 2, el 20.98 % (Figura 5a).

Se pudieron detectar tres clústeres de acuerdo a este análisis exploratorio de datos. El clúster 1 agrupó las estaciones cercanas a los muelles de carga de las islas. En este predominaron pedazos de microplástico tipo fragmento, los cuales ocupan un volumen alto en el sedimento (Figura 5b). El clúster 2 agrupó las estaciones que presentan un origen de microplástico no local, por estar muy distantes de las zonas pobladas, así como por estar compuestas principalmente de microplástico tipo funda (i.e. SA3, SB10, SA10; Tabla 1, Figura 5b). Finalmente, el clúster 3 agrupó a las estaciones colectadas en áreas con una geomorfología de tipo bahía encerrada (i.e. SA6, SB12, SB6; Tabla 1, Figura 5b).

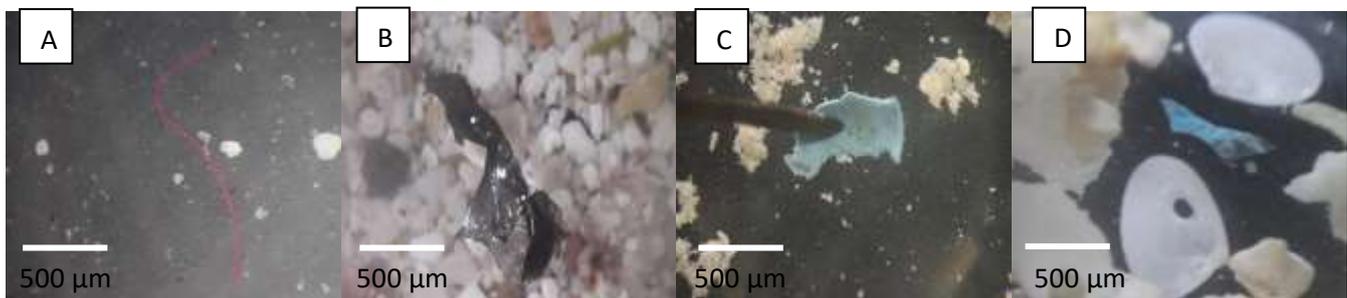


Figura 2.- Categorías de microplástico encontradas en muestras de sedimento en fondos submareales arenosos, de acuerdo a su morfología: a) fila b) funda, c) fragmento, d) esponja

4. Discusión

Este estudio nos permitió explorar la presencia, distribución y composición morfológica del microplástico en las islas Galápagos por medio de la cuantificación de su abundancia y volumen en muestras de sedimento. El microplástico es un contaminante de origen terrestre que por diversas razones termina en el medio marino. Una de las principales vías de transferencia de microplástico desde la columna de agua al sedimento se debe a la acumulación de biomasa generalmente planctónica en la superficie de la partícula, la cual aumenta la densidad del mismo, haciendo que se hunda con mayor facilidad (Andrady, 2011; Reisser et al., 2013). La presencia de microplástico en el ambiente marino ha sido reportado por diversos autores (Anrady, 2011; Thomson et al, 2004; Van Cauwenberghe et al., 2013). En

estos, se determinó que la cantidad de partículas encontradas en los sedimentos del fondo marino fue menor que la encontrada en la columna de agua (Van Cauwenberghe et al., 2015).

Los resultados de este estudio indican la amplia distribución y dispersión de microplástico en los fondos arenosos del archipiélago. Otros estudios, como el de Claessens et al. (2011) en la costa de Bélgica y el de Van Cauwenberghe et al. (2013) en sedimentos de aguas profundas, reportaron valores mayores de abundancia de microplástico, en comparación al de nuestro estudio. Esto puede deberse a que, en el presente estudio, los puntos de muestreo escogidos tuvieron profundidades muy inferiores. Entre mayor sea la profundidad de los fondos marinos, mayor es la acumulación de partículas de microplástico, ya que las

mismas tienen mayor dificultad en volver a re suspenderse, debido a factores, tanto oceanográficos como biológicos (Canals et al., 2006). Por el contrario, a profundidades menores, es más fácil que las partículas regresen a la columna de agua por procesos de convección. Por tanto, se recomienda que, en este tipo de estudios, exista una estandarización respecto al tipo de muestreo, cuantificación, unidades de medidas de microplástico y rango de profundidad en la que se toman las muestras, para obtener así, una mejor comparación entre sitios diferentes (Halsband et al., 2014).

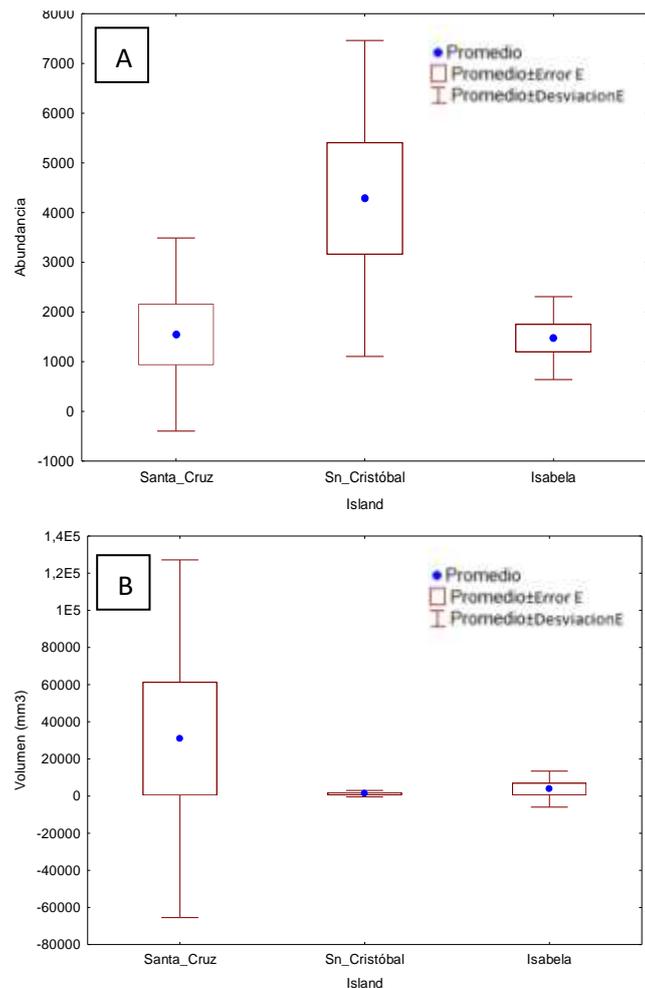


Figura 3.- Diagrama de cajas para comparación de muestras de sedimento en relación de: a) abundancia estimada de partículas de microplástico entre isla; y b) volumen estimado de microplástico por isla. Diferencias significativas se determinaron mediante la prueba estadística de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) a) $p = 0.0024$ b) $p = 0.6572$.

En el estudio se esperó que la abundancia de microplástico en la isla Santa Cruz sea la más alta entre las tres islas, a causa de que la población local y turística. Sin embargo, el hecho de que San Cristóbal presentara mayor abundancia

de microplástico, se puede atribuir a su mayor exposición a las corrientes marinas durante la época del año cuando se realizó el muestreo, que permitirían transportar un mayor número de partículas. Por el contrario, el mayor volumen de microplástico se presentó en la isla Santa Cruz (Fig. 3b), infiriéndose que las partículas ocupaban un volumen mayor.

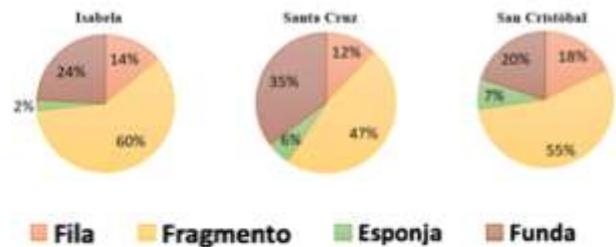


Figura 4.- Frecuencia relativa de cada categoría de microplástico en base a su morfología, en muestras de sedimento tomadas en fondos submareales arenosos en tres islas pobladas de Galápagos.

A pesar de que se encontró mayor abundancia y volumen de microplástico en las zonas cercanas a las zonas pobladas, se detectó que zonas no pobladas recibieron probablemente un aporte de estas partículas por acción de las corrientes superficiales y subsuperficiales características de la región de Galápagos (Lucero, 2004).

En cuanto a la composición de las muestras en base a categorías morfológicas, se encontró que el microplástico tipo fila presentó volúmenes y tamaños menores que los otros tipos. Este tipo de plástico debido su forma alargada, tiende a acumularse en sitios con baja acción hidrodinámica, como de menor profundidad. Debido a esto no estuvo presente en todas las estaciones de muestreo. Por el contrario, el microplástico tipo fragmento que estuvo presente en todas las muestras de sedimento, fue más predominante en las estaciones de los muelles de cada isla, en donde se originan en tierra y se dispersan hacia otros puntos. Este tipo de microplástico se caracteriza por tener una estructura química más resistente, ya que proviene de tapas y botella plásticas, que en algunos casos contienen residuos de compuestos órgano clorados (PCBs) que provocan eco toxicidad y una bioacumulación en tejidos y órganos (Mato et al., 2001; Endo et al., 2005). Además, puede presentar formas más variadas que otros tipos de plástico, pudiendo tener un mayor impacto en las comunidades bentónicas por la dificultad que lleva la ingesta y expulsión de este tipo de microplástico (Graham & Thomson, 2008); y debido a que los fragmentos son similares a los granos de sedimento con los que se relacionan los organismos bentónicos, la tasa de ingesta aumenta (Weston et al., 2000).

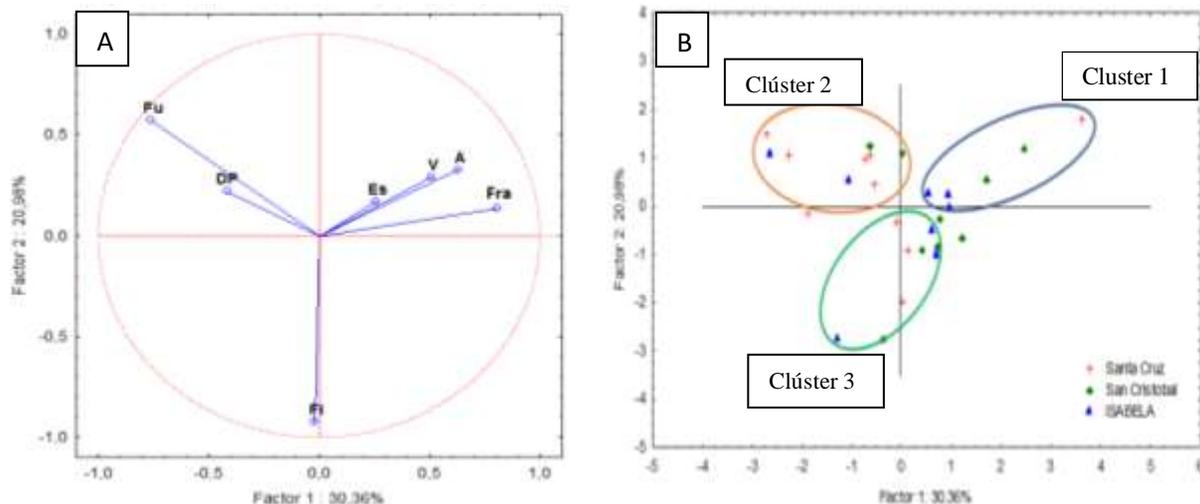


Figura 5.- Análisis de componentes principales (PCA) de las estaciones de muestreo de microplástico en tres islas pobladas del archipiélago de Galápagos, Ecuador, en donde se muestra a) los magnitud y dirección de los vectores de cada variable (Fu = % tipo funda, DP = distancia a poblado, Es = % tipo esponja, V = volumen total, A = abundancia total, Fra = % tipo fragmento, Fi = % tipo fila); b) distribución espacial de las estaciones de cada isla en base a los dos componentes principales del análisis, mostrando clúster de similitud.

5. Conclusión

Los patrones de volumen y abundancia de microplástico alrededor de las islas pobladas de Galápagos demuestran una distribución y composición heterogénea, determinada por la presencia de actividades humanas en cada isla, y la influencia de procesos oceanográficos. que permiten que llegue incluso a sitios considerados prístinos.

Se recomienda en el futuro determinar el efecto del microplástico en la distribución, composición y estructura de las comunidades bentónicas asociadas a los fondos submareales arenosos costeros de las islas.

6. Agradecimientos

Nuestros agradecimientos son para el Centro de Agua y Desarrollo Sostenible (CADS) quien financió el traslado de las muestras; a la Fundación Charles Darwin, por su ayuda logística en el archipiélago; y a la Universidad de Gante en. Bélgica, quien financió la campaña de investigación.

7. Anexos

Tabla A.1.- Formas geométricas básicas y fórmulas para cálculo de volumen de microplástico, en base a Rott (1981).

Forma	Diagrama	Fórmula
Rectangular		$BC(A - B + \frac{\pi}{4} B)$
Esférica		$\pi A^3/6$
Cuadrada		$A^3/4$
Cónica		$\pi AB^2/12$
Cilíndrica		$\pi AB^2/4$

8. Referencias

- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* (62): 1596–1605
- Andrady, A. & Pegram, J. (1989). Degradable Plastics in the Marine Environment. International Conference on Recent Developments in Petrochemical and Polymer Technologies, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, Chulalongkorn University.
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology*, 45(21): 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>.
- Carrión-Tacuri J. Mora L. & Lara D. (2014). El mantenimiento de la calidad ambiental de Galápagos: Un compromiso de todos. En: Informe Galápagos 2013-2014. DPNG. CGREG. FCD y GC. Puerto Ayora. Galápagos. Ecuador.
- Canals, M., Puig, P., de Madron, X.D., Heussner, S., Palanques, A., Fabres, J., 2006. Flushing submarine canyons. *Nature* 444, 354e357.
- Claessens, M., Meester, S. D., Landuyt, L. V., Clerck, K. D., & Janssen, C. R. (2011). Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, 62(10): 2199–2204. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.030>
- Cozar, A., Echevarria, F., Gonzalez-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Ubeda, B., Hernandez-Leon, S Palma, A.T., Navarro, S., Garcia-de-Lomas, J., Ruiz, A., Fernandez-de- puelles, M.L., Duarte, C.M., (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(28): 10239–10244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111>
- DPNG (Dirección del Parque Nacional Galápagos). 2014. Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir. Puerto Ayora. Galápagos. Ecuador.
- Endo, S., Takizawa, R., Okuda, K., Takada, H., Chiba, K., Kanehiro, H., Ogi, H., Yamashita, R. & Date, T. (2005). Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: variability among individual particles and regional differences. *Marine Pollution Bulletin* 50: 1103–1114.
- Graham, E.R., Thompson, J.T., (2009). Deposit- and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 368: 22–29.
- Halsband, C., Nerland, L., Allan, I., & Thomas, K. (2014). Microplastics in marine environments: Occurrence, distribution and effects. REPORT SNO. 6754-2014
- Isobe, A., Uchiyama-Matsumoto, K., Uchida, K., & Tokai, T. (2017). Microplastics in the Southern Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1): 623–626. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.037>
- Ivar do Sul, J. A., & Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, 185: 352–364. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036>
- Kunz, A., Walther, B. A., Löwemark, L., & Lee, Y. C. (2016). Distribution and quantity of microplastic on sandy beaches along the northern coast of Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 111(1–2): 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.07.022>
- Lucero, M. (2004). La subcorriente Ecuatorial: Características oceanográficas alrededor de las islas Galápagos. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 12: páginas.
- Lucero, M., & Mindiola, M. (2007). Distribucion de las Corrientes superficiales y subsuperficiales en la caleta Aeolian - Isla Baltra. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, Vol: año.
- Company, J.B., Martín, D., Sanchez-Vidal, A. & Ramirez-Llodra, E., (2013). Integrated study of Mediterranean deep canyons: novel results and future challenges. *Progress in Oceanography* 118: 1e27.
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., Kaminuma, T., (2001). Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental Science. Technology*. 35: 318–324.

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. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.09.043>

Piu, M. (2002). La reserva Marina de Galápagos .

PNG, P. N. (1998). Plan de manejo de conservación y uso sustentable para la Reserva Marina de Galápagos.

Rott, E. (1981). Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, 43: 34-62

Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, J.S., John, A.W.G., McGonigle, D., Russell, A.E., 2004. Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 304, 838.

Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., & Janssen, C. R. (2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution*, 182: 495–499. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.08.013>

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*, Vol: pags?

Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., & Da Ros, 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. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.03.022>

Weston, D. P., Penry, D. L., & Gulmann, L. K. (2000). The Role of Ingestion as a Route of Contaminant Bioaccumulation in a Deposit-Feeding Polychaete. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 38(4): 446–454. <https://doi.org/10.1007/s002449910059>.

Wessel, C., Lockridge, L., Battiste, D., & Cebrian, J. (2016). Abundance and characteristics of microplastics in beach sediments: Insights into microplastic accumulation in northern Gulf of Mexico estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, Volumen 109: pages 178-183.