

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN PLAYAS DEL RÍO DEL LA PLATA: CIUDAD DE BUENOS AIRES Y ALREDEDORES

Judith Elizabeth Lacava ^{1,2}
Agustina Schmaedke ³
María Azul Denaro ³
Pamela Romina Bernabeu ³
* Romina Mariel Gargarello ^{1,4}

EVALUATION OF THE PRESENCE OF MICROPLASTICS IN BEACHES OF LA PLATA RIVER BASIN: BUENOS AIRES CAPITAL CITY AND SURROUNDINGS

Recibido el 28 de septiembre de 2021. Aceptado el 15 de febrero de 2022

Abstract

Due to their low cost and wide use, plastics are nowadays an unavoidable consumable. The effects microplastics have on the environment is a recent field of research in Argentina. Two campaigns for studying microplastics presence in La Plata River (Buenos Aires, Argentina) coastal sediments were managed during winter and spring 2019: beaches in Buenos Aires Capital City and surroundings (AMBA) were selected, sampled and characterized. Presence of microplastics were confirmed, classified, and characterized according to their morphology and color. Microplastics were separated by flotation techniques and visually identified by microscopy observation. The winter campaign reported more microplastic items (a total of 464 over 280 of the spring campaign) with fibers and microbeads being the most representative. Although this is a preliminary work, microplastic found are consistent with economic activities of the studied area and hydrogeological dynamics of La Plata River basin. Monitoring should continue to elaborate an environmental base line, elucidate microplastics origin and fate, and implement control actions.

Keywords: AMBA, microplastics, monitoring, beaches, La Plata River Basin.

¹ Universidad Argentina de la Empresa (UADE), Instituto de Tecnología (INTEC), Buenos Aires, Argentina.

² CONICET, Buenos Aires, Argentina.

³ Universidad Argentina de la Empresa (UADE), Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas (FAIN), Buenos Aires, Argentina.

⁴ Eurecat, Centro Tecnológico de Cataluña, Water, Air and Soil Unit, España.

* *Autor correspondiente:* Eurecat, Centro Tecnológico de Cataluña, Water, Air and Soil Unit, 08242 Manresa, España.

Email: rgargarello@gmail.com

Resumen

Debido a su bajo costo y amplio uso, los plásticos son hoy en día un consumible ineludible. Los efectos de los microplásticos en el medio ambiente es un campo de investigación reciente en Argentina. Durante el invierno y la primavera de 2019 se gestionaron dos campañas de estudio de presencia de microplásticos en sedimentos costeros del Río de la Plata: se seleccionaron playas de la Capital Federal y alrededores (AMBA), los sedimentos se muestrearon y caracterizaron. Se confirmó, clasificó y caracterizó la presencia de microplásticos según su morfología y color. Los microplásticos se separaron mediante técnicas de flotación y se identificaron visualmente mediante observación microscópica. La campaña de invierno reportó más ítems de microplástico (un total de 464 sobre los 280 de la campaña de primavera), siendo las fibras y microesferas las más representativas. Si bien este es un trabajo preliminar, los microplásticos encontrados son consistentes con las actividades económicas del área de estudio y la dinámica hidrogeológica de la cuenca del Río de la Plata. El monitoreo debe continuar para elaborar una línea de base ambiental, dilucidar el origen y el destino de los microplásticos e implementar acciones de control.

Palabras clave: AMBA, microplásticos, monitoreo, playas, Río de La Plata.

Introducción

Los plásticos son una realidad inevitable en la sociedad moderna debido a su bajo costo de fabricación y su resistencia (Sharma y Chatterjee, 2017). De acuerdo con PlasticsEurope (2020), durante 2019 la producción anual global de plásticos alcanzó los 370 millones de toneladas.

En el ambiente pueden ser encontrados en diferentes tamaños: i) Megaplásticos (>100 mm), ii) Macroplásticos (>20–100 mm), iii) Mesoplásticos (5–20 mm) y iv) Microplásticos (<5 mm) (Machovsky-Capuska *et al.*, 2019). De acuerdo con su origen los Microplásticos (MPs) pueden ser primarios o secundarios. Los primarios son aquellos conformados por partículas microscópicas que se añaden a productos cosméticos, pastas dentales y otros. Los secundarios se originan por la abrasión física de los elementos plásticos de mayor tamaño (Shim y Thomposon, 2015).

Estudios recientes sugieren que los MPs presentan mayor peligro que otros plásticos de mayor tamaño debido a la ingesta de éstos en los niveles tróficos más bajos. Una vez presentes en ambientes tanto terrestres como acuáticos pueden ser ingeridos fácilmente por organismos que habitan en éstos, causando efectos negativos sobre su aptitud y supervivencia, debido a procesos de bioacumulación (Ivar do Soul y Costa, 2013, Boots *et al.*, 2019). Sin embargo, el análisis de los efectos que los MPs tienen en el ambiente es un campo reciente de indagación en Argentina. Estudios realizados por Blettler *et al.* (2017) demostraron la presencia de MPs en ambientes costeros. Teniendo en cuenta que el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) presenta alta densidad poblacional (INDEC, 2010); que en las costas del Río de la Plata se desarrollan actividades turísticas y recreativas; y debido a su régimen climático e hídrico, caracterizado por su variabilidad climática y eventos de sudestada (Escobar *et al.*, 2004), es esperable la presencia de MPs en sedimentos costeros.

En el período invernal de 2019 el grupo de trabajo encontró evidencia positiva ante la presencia de MPs durante un monitoreo estacional realizado en playas costeras del AMBA (Lacava *et al.*, 2021). El presente trabajo amplía la información, sumando la caracterización del sustrato costero y los resultados de la identificación cualitativa y cuantitativa de MPs, y suma un muestreo estacional más (primavera) en tres playas costeras representativas del AMBA en el año 2019.

Metodología

Localización y Muestreo

Durante el año 2019 fueron realizadas dos campañas de muestreo, correspondientes a las temporadas de Invierno (CI2019, 21 de junio a 20 de septiembre) y Primavera (CP2019, 21 de septiembre a 20 de diciembre). Fueron muestreados tres sitios localizados en las Zonas Norte, Centro y Sur del AMBA. Estos corresponden a las comunas de Vicente López (VL, 34°29'52.800"S 58°28'37.200"W), Puerto Madero (PM, 34°42'25.200"S 58°13'44.400"W) y Quilmes (Q, 34°37'04.800"S 58°20'45.600"W) respectivamente (Figura 1). Los sitios fueron delimitados utilizando Sistemas de Posicionamiento Global (GPS). Dicha información fue utilizada como datos primarios para el análisis mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) utilizando ArcGIS Desktop ESRI 2011.



Figura 1. Localización de los puntos de muestreo distribuidos a lo largo de la costa del Río de la Plata, Buenos Aires, Argentina. Fuente: elaboración propia, imagen satelital obtenida de Morales (2012).

Todos los sitios muestreados son de acceso público, con importante actividad turística y deportiva. Cada punto de muestreo se compuso por un cuadrante de 0.25 m de lado (Wessel *et al.*, 2016) y 0.05 m de profundidad (Karthik *et al.*, 2018). Ocasionalmente, el cuadrante muestreado debió ser acondicionado, removiendo manualmente la biomasa vegetal dispersa sobre el horizonte superficial. Las muestras recolectadas fueron almacenadas en envases de metal y trasladadas al laboratorio para su análisis.

Caracterización del Sedimento Costero

El sedimento costero fue analizado según su tamaño y textura de partícula (TyTP), además fueron determinadas su humedad (%H) y Materia Orgánica presente (MO).

- Cálculo de la Humedad del Suelo (%H)

Una porción de 5 g de sedimento fue trasvasada en frasco de vidrio e incubada en estufa a 105 °C hasta alcanzar peso constante (Flores Delgadillo y Alcalá Martínez, 2010). El porcentaje de humedad se calculó por diferencia de peso entre la muestra inicial y final. El procedimiento fue realizado por triplicado.

- Determinación de Materia Orgánica (MO)

La medición de MO se llevó a cabo según Storer (1984). Una muestra de 1 g de sustrato seco, previamente tamizado (poro de 500 µm de apertura), fue incubada en mufla a 500 °C por 2 h, por triplicado. El % MO fue calculado por diferencia de peso inicial y final.

- Determinación del Tamaño y Textura de Partícula (TyTP)

La caracterización del TyTP del sustrato fue realizada en base al protocolo descrito por Gee y Bauder (2006).

En tubos Falcon fueron homogeneizados 2 g de suelo seco, por muestra, en 40 mL de solución de Na₂CO₃ 0.2 M. Para favorecer la precipitación de las partículas en suspensión, se agitó por 30 segundos. El sistema se mantuvo en reposo por 50 segundos ($t_{50''}$), luego se extrajeron 2.5 mL de sobrenadante a una profundidad de 2.5 cm y fueron colocados en un vaso de precipitados (PLA, Peso Limo-Arcilla). Tras 40 minutos ($t_{40'}$), se procedió con la segunda toma de la alícuota de 2.5 mL a una profundidad de 1 cm, para luego transferirlo a un vaso de precipitado (PA, Peso Arcilla). Ambos vasos de precipitados se colocaron en estufa a 105 °C durante 24 h. Los pesos obtenidos se introdujeron en las Ecuaciones 1, 2 y 3:

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{V_m \times PA}{V_a \times PM} \times 100$$

Ecuación (1)

$$\% \text{ Limo} = \frac{V_m \times (PLA - PA)}{V_a \times PM} \times 100$$

Ecuación (2)

$$\% \text{ Arena} = 100 - (\% \text{ Limo} + \% \text{ Arcilla})$$

Ecuación (3)

Donde

PLA = Peso t_{50} (g)PA = Peso t_{40} (g)

PM = Peso muestra (g)

 V_a = Volumen de alícuota (mL) V_m = Volumen preparación (mL)

Los datos obtenidos fueron utilizados para calcular la Textura del sustrato mediante el Calculador Textural de Suelos (USDA, 2021).

Identificación y Caracterización de Microplásticos (MPs)

Las muestras de sedimentos costeros fueron tratadas con una solución hipersalina de composición 250 g NaCl/L H₂O_d. El total de la muestra húmeda fue procesada añadiendo solución hipersalina a razón de 1L/Kg de sedimento húmedo, en recipientes libres de contaminación por plásticos (Ng y Obbard, 2006). Luego de efectuarse la homogeneización de forma manual, la mezcla se dejó decantar durante 48 h. El sobrenadante fue filtrado al vacío con equipo Buchner-Kitasato y papel filtro Whatman 41 (poro de aproximadamente 25-30 μ m de apertura). El filtro se secó en estufa a 60 °C por 10 minutos. El material retenido fue analizado visualmente en lupa con un aumento de 100X, registrando ítems de microplásticos /Kg de sedimento húmedo.

La identificación de ítems de MPs fue cualitativa. Los ítems se catalogaron según su morfología y color. Las morfologías fueron: i) Fibras, ii) Microperlas, iii) Otros. Las categorías i) y ii) fueron subdivididas según ia) Fibras Finas, ib) Fibras Gruesas; iia) Microperlas Pequeñas ($\leq 5.99 \mu$ m) y, iib) Microperlas Grandes ($\geq 6.00 \mu$ m); y la categoría "Otros" en iia) Trozos y, iib) Otros (Films, Escobillas Plásticas, otros). Los colores evidenciados durante el procesamiento de muestras fueron: Blanco, Negro, Azul, Transparente, Rojo, entre otros (rosa, violeta, verde, otros).

Los ítems de MPs se diferenciaron de otros elementos retenidos a partir de su morfología, color, brillo característico, dureza (realizando presión con pinza de acero sobre la partícula estudiada), entre otros. A modo de doble verificación el material filtrado fue suspendido nuevamente en solución hipersalina y filtrado para descartar pequeñas partículas no plásticas retenidas durante el primer filtrado.

Resultados

Características de los Sedimentos Costeros

La caracterización del sustrato aportó datos referidos al % H, % MO y Tipo de Suelo (Tabla 1). El % H presentó gran variabilidad entre muestras de las distintas campañas. Los procedimientos fueron realizados por sextuplicado (N=6). El sitio muestreado localizado en Zona Centro, PM,

presentó menor presencia de MO con un valor promedio 0.69 ± 0.26 y 1.16 ± 0.62 para la CI2019 y CP2019 respectivamente. En cambio, los sitios de muestreo localizados en Zona Norte, VL, y Zona Sur, Q, presentaron mayor presencia de MO en sendas campañas.

El punto de muestreo VL presentó un sustrato del tipo Franco-Arcillo-Arenoso. En cambio, el punto de muestreo PM presentó un suelo del tipo Arcillo-Arenoso y el punto de muestreo Q del tipo Arcilloso/Arcillo-Arenoso. Dicha clasificación se corresponde con los valores porcentuales de Arcilla, Limo y Arena obtenidos (Figura 2).

Tabla 1. Caracterización del Sustrato.

Parámetros	CI2019			CP2019		
	VL	PM	Q	VL	PM	Q
% H (promedio \pm SD)	31.13 ± 2.10	2.70 ± 0.62	21.37 ± 2.67	4.00 ± 3.54	2.93 ± 0.46	2.32 ± 0.29
% MO (promedio \pm SD)	3.55 ± 0.91	0.69 ± 0.26	3.17 ± 0.45	2.57 ± 0.14	1.16 ± 0.62	2.92 ± 0.41
Tipo de Suelo	Franco-Arcillo-Arenoso	Arcillo-Arenoso	Arcilloso	Franco-Arcillo-Arenoso	Arcillo-Arenoso	Arcilloso / Arcillo-Arenoso

Nota: la caracterización fue realizada sobre una muestra N=6.

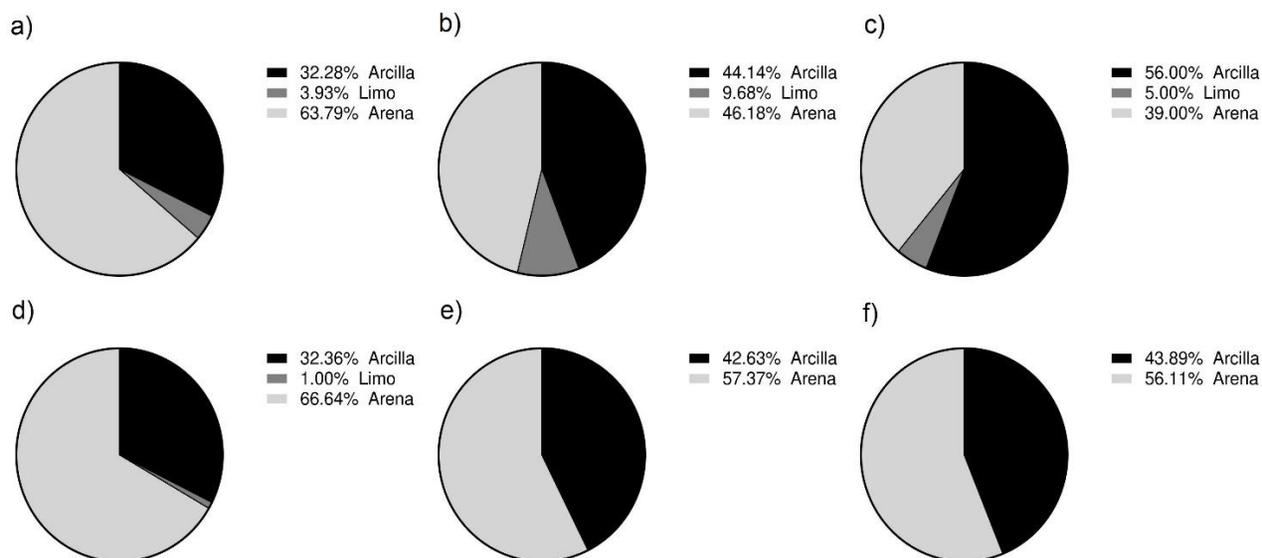


Figura 2. Caracterización de sedimentos muestreados: Tamaño y Textura de Partícula por sitio de muestreo y campaña. a) VL CI2019, b) PM CI2019, c) Q CI2019, d) VL CP2019, e) PM CP2019, y f) Q CP2019.

Identificación, Clasificación y Caracterización de Microplásticos (MPs)

En relación con los ítems de MPs identificados durante las campañas realizadas en 2019, se informa evidencia positiva ante la presencia de Fibras, Microperlas y Otros tipos de MPs en los tres puntos de muestreo durante las campañas realizadas (Tabla 2). Los resultados se informan como % ítems de Microplásticos /Kg de sedimento húmedo, a menos que se aclare lo contrario.

Tabla 2. Rango mínimo-máximo de ítems de MPs identificados en CI- y CP2019 por Kg de sedimento húmedo

Ítem de MPs	CI2019			CP2019		
	VL	PM	Q	VL	PM	Q
Fibras	1 – 9	1 – 83	1 – 65	1 - 23	1 – 61	1 – 29
Microperlas	2 – 65	1-187	1 – 89	1 - 26	1 - 7	1 – 6
Otros	1 - 15	1 - 7	5 - 37	1 - 22	1 – 6	3 - 23

Durante la CI2019 la fracción porcentual predominante corresponde a Fibras (43.1%), siendo las Fibras Finas las más representativas con un total de 372 ítems de MPs. Dicha fracción se evidenció en los puntos de muestreo PM, Q y en menor medida VL, siendo PM el único punto de muestreo donde se identifica la presencia de Fibras Gruesas. Los autores atribuyen este hallazgo al origen de del sitio de muestro, cuyas playas se asientan sobre un relleno artificial realizado con residuos áridos y domiciliarios, en conjunto con la deposición natural de sedimentos del Río Paraná (Davis, 2018). Las fibras gruesas provendrían de la degradación de objetos plásticos de diferente composición y tamaño (por ejemplo, bolsas, empaques, botellas y botellones).

La segunda fracción porcentual predominante, 45.26% del total de ítems de MPs, corresponde a las Microperlas, siendo las de tamaño pequeño las más representadas (98.6%). Finalmente, la fracción restante se corresponde con la categoría “Otros” compuesta en mayor medida por Trozos plásticos y otros ítems de MPs como los films (Figura 3 y Figura 4).



Figura 3. Ítems de MPs identificados durante CI2019. a) Trozo de MPs de coloración blanca, b) Microperlas de distintos tamaños (grandes y pequeñas) y de coloración transparente y blanca, y c) Fibra Fina de coloración azul.

La campaña realizada durante la primavera del 2019 presentó 62.42% de Fibras, siendo los puntos de muestreo VL y PM los más afectados con un total de 157 y 75 ítems de MPs respectivamente. La fracción porcentual correspondiente a la categoría “Otros” representa el 24.40% del total de ítems de MPs informados durante la campaña. Finalmente, en menor proporción se evidenciaron Microperlas, siendo las pequeñas las representadas en esta categoría con un total de 43 ítems de MPs (Figura 4).

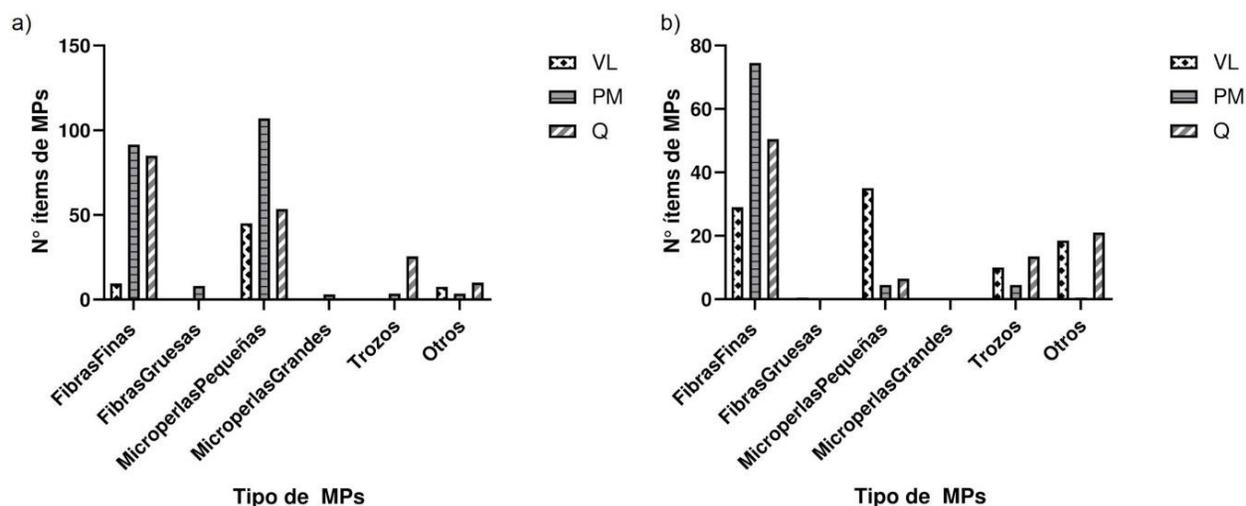


Figura 4. Identificación de ítems de MPs por tipo y sitio de muestreo. a) MPs identificados durante la CI2019, y b) MPs identificados durante CP2019.

La identificación cualitativa de los ítems de MPs por color y tipo se observa en la Figura 4. En la CI2019 se informa un total de 464 ítems de MPs. Las Microperlas, 210 ítems de MPs, se distribuyen porcentualmente en un 67.4% de coloración oscura, 24.7% transparente y el 7.9% restante color blanco. Las Fibras plásticas halladas fueron 200, distribuidas porcentualmente por color según: 39.4% rojo, 37.3% negro, 12.7% blanco, 8.8% transparentes, la fracción restante se compone de fibras de color azul y violeta. La categoría “otros” se representó por 54 ítems de MPs en un kilogramo de sedimento húmedo en su mayoría de color blanco, 41.6%, y en menor medida azul con un 6.9%, otros colores representados en esta categoría fueron el rosa, marrón, rojo, transparente, etc.

La CP2019 presentó un total de 280 ítems de MPs, siendo las Fibras los ítems más representados con un total de 159 ítems. El 34.49% de las fibras presentaron coloración transparente, seguido del color azul con el 30.82% y del negro con un 16.98%, en menor medida el color rojo (6.29%) y otros colores como el violeta (1.89%). La fracción porcentual del 15.62% del total de ítems de MPs

identificados corresponde a la categoría Otros, con un total de 72 ítems; en cuanto a su distribución por color, el 41.94% presentó coloración blanca, seguido del color azul con un 32.26% y del color rojo (22.58%). Sin embargo, destacan otros tipos de MPs de coloración rosada, marrón y verde (Figura 5).

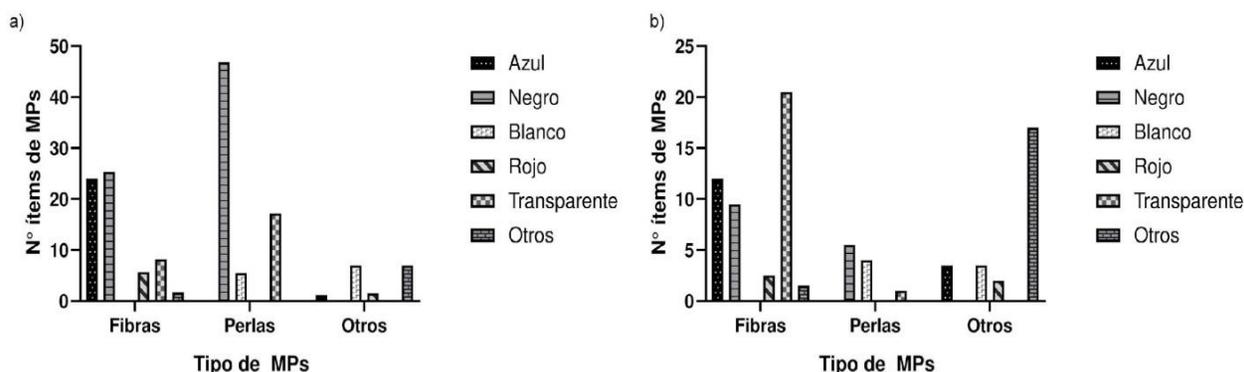


Figura 5. Identificación de ítems de MPs según coloración y tipo para las campañas realizadas durante el 2019. a) ítems de MPs - CI2019, y b) ítems de MPs - CP2019.

Cabe señalar que tanto las Microperlas como los Trozos plásticos presentes en las muestras presentaron signos de degradación, evidenciando procesos de erosión, fisuras superficiales y, en menor medida, subsuperficiales (Figura 3, b).

Estudios futuros y más exhaustivos son necesarios a fin de caracterizar fisicoquímicamente los ítems hallados y establecer vínculos con la historia económico-social de la región. Sin embargo, es muy reciente la discusión sobre la relevancia y rigurosidad con la que se debe abordar esta relación, siendo que la contaminación por microplásticos se considera proveniente de fuentes difusas.

Conclusiones

El monitoreo realizado durante el invierno y primavera del 2019 en tres sitios representativos del Área Metropolitana de Buenos Aires demuestra la incidencia de Microplásticos en sedimentos de las playas del Río de la Plata. Los ítems de Microplásticos identificados se presumen de origen tanto primario como secundario. Los trozos de Microplásticos son de origen secundario producto de la abrasión física de elementos plásticos más grandes, en cambio las Microperlas se asocian a un origen primario, procedentes de efluentes domésticos e industriales descargados directamente en el Río de la Plata. Sin embargo, la presencia de Fibras se asocia tanto a un origen

primario como secundario. Las Fibras de coloración azul, transparente y negra se asocian a actividades deportivas, como la pesca, y por tanto son consideradas de origen secundario. En cambio, las Fibras de color rojo, violeta, entre otros se presumen procedentes de efluentes urbanos y aguas grises.

Mientras que la Materia Orgánica en todos los puntos se mantuvo en el mismo orden de magnitud, la diferencia en humedad observada entre las Campaña Invierno y Primavera para Vicente López y Quilmes podría deberse a disminución en precipitaciones, eventos hidrológicos y temperaturas elevadas. Puerto Madero presenta menor humedad debido a la composición arenosa del sedimento. Los puntos Vicente López y Quilmes, de tendencia arcillosa, consecuentemente presentaron mayor porcentaje de humedad. La diferencia observada en cantidad de Microperlas para todos los puntos muestreados podría deberse a eventos de descarga -acumulación y lavado de las zonas en periodos de lluvia o avance hídrico. Estos Microplásticos podrían acumularse en verano y otoño coincidiendo con un mayor uso y presencia en aguas grises. Entre otoño y primavera -las estaciones más lluviosas y mayor ocurrencia de inundación por avance del Río de la Plata (Escobar *et al.*, 2004)- los sedimentos se movilizan, la región sufre un recambio y en consecuencia los Microplásticos pueden ser removidos del horizonte superficial del suelo. En el caso de las Microperlas, su morfología hidrodinámica sería determinante para una mayor movilidad ambiental, mientras que las fibras podrían quedar retenidas físicamente en los intersticios de los sedimentos. Estas observaciones de carácter preliminar precisan mayor análisis y formar parte de un programa estacional de monitoreo para generar una línea de base ambiental; y así aportar mayor comprensión sobre el destino y efectos negativos de los Microplásticos en el ambiente.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado en el marco del Proyecto "A19T10 - Evaluación de la presencia de microplásticos en playas arenosas de Lima y Buenos Aires" financiado por la Universidad Argentina de la Empresa (UADE). El equipo de trabajo agradece especialmente a los técnicos de laboratorio de la Universidad Argentina de la Empresa (UADE), Guillermina Zola, Pablo Viecenz, Lucas Beron e Ignacio Fernández por su colaboración.

Referencias bibliográficas

- Blettler, M., Ulla, M.A., Rabuffetti, A.P., Garello, N. (2017) Plastic pollution in freshwater ecosystems: macro-, meso- and microplastic debris in a floodplain lake. *Environmental Monitoring and Assessment*, **189**, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6305-8>
- Boots, B., Russell, C. W., Green, D. S. (2019) Effects of Microplastics in Soil Ecosystems: Above and Below Ground. *Environmental Science & Technology*, **53**(19), 11496-11506. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03304>

- Davis, B. (2018). The asymmetry of landscape: Aesthetics, agency, and material reuse in the Reserva Ecológica de Buenos Aires. *Journal of Landscape Architecture*, **13**(3), 78–89. <https://doi.org/10.1080/18626033.2018.1589145>
- Escobar, G., Vargas, W., Bischoff, S. (2004) Wind tides in the Rio de la Plata estuary: Meteorological conditions. *International Journal of Climatology*, **24**(9), 1159–1169. <https://doi.org/10.1002/joc.1026>
- Flores Delgadillo, L., Alcalá Martínez, J. R. (2010) Manual de procedimientos analíticos – Laboratorio de Física de Suelos. Instituto de Geología, Departamento de Edafología, Universidad Autónoma de México (UNAM).
- Gee, G. W., Bauder J. W. (2006) Particle size analysis. Part 1 p. 383-409. In Klute, A. (ed.). *Methods of soil analysis*. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, USA. Particle Size Analysis. Handbook of Soil Analysis, 15–63. https://doi.org/10.1007/978-3-540-31211-6_2
- Instituto Nacional de Estadística y Censos – INDEC (2012) Censo nacional de población, hogares y viviendas 2010: censo del Bicentenario: resultados definitivos. Serie B nº 2. - 1a ed. - Buenos Aires.
- Karthik, R., Robin, R.S., Purvaja, R., Ganguly, D., Anandavelu, I., Raghuraman, R., Hariharan, G., Ramakrishna, A., Ramesh, R. (2018) Microplastics along the beaches of southeast coast of India. *Science of the total environment*, **645**, 1388-1399. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.242>
- Lacava J. E., Schmaedke, A., Denaro, M. A., Gargarello, R. M. (2021) Microplásticos en costas rioplatenses. Experiencias realizadas en Argentina. En León Pulido J., Gargarello R.M., Santillan L. (Eds.), *Evaluación de la Presencia de Microplásticos: Una Mirada a las Playas Arenosas de Lima, Buenos Aires y Cartagena* [en prensa], Universidad Ean, Cartagena, Colombia, 2.
- Ivar do Sul, J. A., Costa, M. F. (2007) Marine debris review for Latin America and the Wider Caribbean region: from the 1970s until now, and where do we go from here? *Marine Pollution Bulletin*, **54**, 1087-1104.
- Machovsky-Capuska, G. E., Amiot, C., Denuncio, P., Grainger, R., Raubenheimer, D. (2019) A nutritional perspective on plastic ingestion in wildlife. *Science of the Total Environment*, **656**, 789-796. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.418>
- Morales, A. (2012) ESRI imagery/Satellite. [Imágen Satelital] Plugin QuickMapServices. Herramienta XYZ Tiles. Mapa base. MappingGIS.
- Ng, K. L., Obbard, J. P. (2006) Prevalence of microplastics in Singapore’s coastal marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, **52**(7), 761–767. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.11.017>
- Plastics Europe. (2020) Plastics – the Facts 2020: An analysis of European plastics production, demand and waste data.
- Sharma, S., Chatterjee, S. (2017) Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, **24**, 21530–21547. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9910-8>
- Shim, W. J., Thomposon, R. C. (2015) Microplastics in the Ocean. *Archives of environmental contamination and toxicology*, **69**(3), 265-268. <https://doi.org/10.1007/s00244>
- Soil Texture Calculator. (2021). United States Department of Agriculture. Estados Unidos. Consultado el 22 de septiembre de 2021, disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167
- Storer, D. A. (1984) A simple high sample volume ashing procedure for determination of soil organic matter. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **15**(7), 759–772. <https://doi.org/10.1080/00103628409367515>
- Wessel, C. C., Lockridge, G. R., 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*, **109**(1), 178–183. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.002>