



The Biologist (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

MICROPLASTICS IN IRRIGATION CANALS SEDIMENTS IN THE POPULATED CENTER OF MADEAN, MADEAN DISTRICT, YAUYOS PROVINCE, LIMA REGION, PERU

MICROPLASTICOS EN SEDIMENTOS DE CANALES DE RIEGO EN EL CENTRO POBLADO DE MADEÁN, DISTRITO DE MADEÁN, PROVINCIA DE YAUYOS, REGIÓN LIMA, PERÚ


Franklin Canchari¹ & José Iannacone^{1,2,3}


¹Laboratorio de Ingeniería Ambiental. Carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

²Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA). Grupo de Investigación en sostenibilidad Ambiental (GISA). Escuela Universitaria de Posgrado (EUPG). Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú.

³Laboratorio de Parasitología. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela de posgrado (EPG). Universidad Ricardo Palma (URP), Lima, Perú.

*Corresponding author: fcanchari103@gmail.com

Franklin Canchari:  <https://orcid.org/0000-0002-2598-8583>

José Iannacone:  <https://orcid.org/0000-0003-3699-4732>

ABSTRACT

Microplastics (MPs) in irrigation canals have been little studied in Peru. The objective of this study was to determine the abundance and characteristics (size, color and shape) of MPs in surface sediments of earth canals for irrigation (Yuncaypara and Mejorada) located in the populated center of Madean, Madean district, Yauyos province, Lima region, Peru. Each site was sampled in triplicate, 1 site in Mejorada Channel (CM) and 2 sites in Yuncaypara Channel (CY1 and CY2). Separation was performed with high density saline solution ($ZnCl_2$, zinc chloride). The results showed the abundance in CM, CY1 and CY2, which were 111.11 ± 19.25 ; 566.67 ± 88.19 and 66.66 ± 0.00 Items/kg of dry sediment, respectively. The characteristics of size, color and shape, the predominant ones were small MPs (6-1000 μm), blue and fragment, respectively. Pellet and foam were not found. It is concluded that there is presence and contamination by MPs in surface sediments of earth canals for irrigation. Secondary MPs were the only ones found and the proximity of the sampling site to the populated center presents a greater abundance of MPs.

Keywords: Microplastics – irrigation canal – plastic waste – populated center

doi:10.24039/rtb20222011318

RESUMEN

Los microplásticos (MPs) en canales de riego han sido poco estudiadas en Perú. El objetivo de este estudio fue determinar la abundancia y características (tamaño, color y forma) de MPs en sedimentos superficiales de canales de tierra para riego (Yuncaypara y Mejorada) ubicados en el centro poblado de Madeán, distrito de Madeán, provincia de Yauyos, región Lima, Perú. Se muestrearon en cada sitio por triplicado, 1 sitio en canal Mejorada (CM) y 2 sitios en canal Yuncaypara (CY1 y CY2). La separación se realizó con solución salina de alta densidad ($ZnCl_2$, cloruro de zinc). Los resultados mostraron la abundancia en CM, CY1 y CY2 que fueron $111,11 \pm 19,25$; $566,67 \pm 88,19$ y $66,66 \pm 0,00$ Ítems/kg de sedimento seco, respectivamente. Las características de tamaño, color y forma, los predominantes fueron pequeños MPs (6-1000 μm), azul y fragmento, respectivamente. No se encontró pellet y espuma. Se concluye que hay presencia y contaminación por MPs en sedimentos superficiales de canales de tierra para riego. Los MPs secundarios fueron los únicos encontrados y a cercanía del sitio de muestreo con el centro poblado presenta mayor abundancia de MPs.

Palabras clave: Microplásticos – canal de riego – residuos plásticos – centro poblado

INTRODUCCIÓN

En el mundo la producción de plástico en 1950 fue de 2 millones de tn (Geyer *et al.*, 2017) y esto cambió drásticamente a 2019 que fueron 368 millones de tn (PE, 2020). Por lo tanto, el post consumo genera cantidad de residuos plásticos (PE, 2020). Tal es así que los plásticos constituyen un problema ambiental a nivel global (Flores, 2020).

En caso de Perú, el 10 % de los residuos generados son plásticos (Minam, 2018). Estos residuos plásticos son arrojados a canales de riego por poblaciones cercanas (Magistocchi *et al.*, 2012). Por consecuente los plásticos acumulados sufren procesos de fragmentación en el ambiente y su transformación a microplásticos (MPs) (Castañeda *et al.*, 2020). Por medio de irrigación los MPs pueden llegar al suelo (Bläsing & Amelung, 2018) y estos afectan a lombrices de tierra como *Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826) (reducción de su biomasa) (Boots *et al.*, 2019) y *Eisenia andrei* (Savigny, 1826) (evidencia de daños intestinales) (Rodríguez-Seijo *et al.*, 2016) o afectar el desarrollo de *Lolium perenne* L. (reducción en la germinación y reducción de la altura de los brotes) y las propiedades básicas del suelo (Boots *et al.*, 2019), tal es así que las investigaciones en los últimos años al respecto se han incrementado

exponencialmente (GESAMP, 2015), ya que los MPs son tan omnipresentes (Rochman, 2018).

El objetivo del presente estudio fue determinar la abundancia y características (tamaño, color y forma) de MPs en sedimentos depositados en canales de tierra para riego en el centro poblado de Madeán, distrito de Madeán, provincia de Yauyos, región Lima, Perú. Hasta donde sabemos, es el primer estudio referente a microplásticos en canales de tierra en un centro poblado.

MATERIALES Y METODOS

La zona de estudio está ubicado en el centro poblado de Madeán, distrito de Madeán, provincia de Yauyos, región Lima, Perú (Flores & Changanqui, 2019), específicamente en la sección tierra de los canales Yuncaypara y Mejorada el cual se intersecan con las quebradas Ishoj y Uyrú Rume en donde en la parte alta se ubican botaderos (Fig. 1), el cual un botadero es mencionado por el OEFA (OEFA, 2021). El flujo de agua en los canales es de dirección Este a Oeste. Además, las aguas pluviales del centro poblado van en dirección al canal por la sección de quebrada (Figs. 1 y 2).

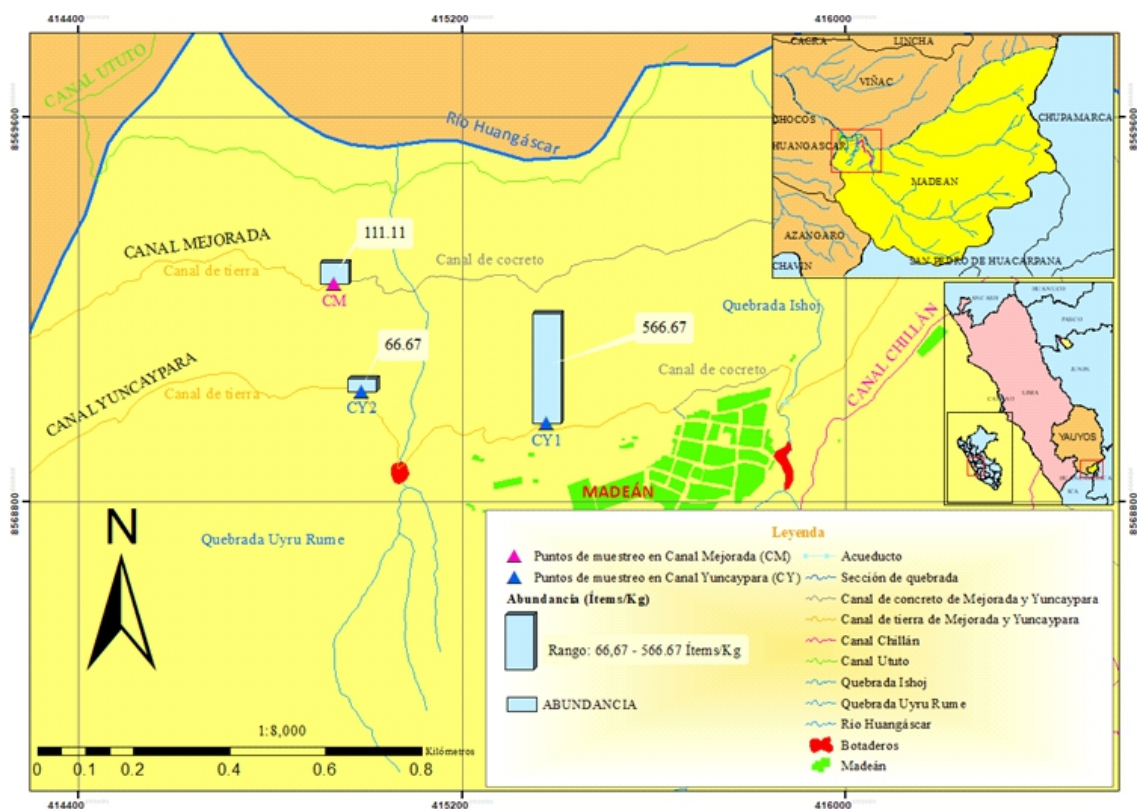


Figura 1. Sitios de muestreo y abundancia de MPs en sedimentos superficiales de canales de riego en la sección tierra en el centro poblado de Madeán, distrito de Madeán, provincia de Yauyos, región Lima, Perú.



Figura 2. Plásticos en la sección de quebrada que tiene intersección con el canal Yuncaypara, distrito de Madeán, provincia de Yauyos, región Lima, Perú.

En el caso de los canales de riego de Yuncaypara y Mejorada se evidencia también residuos macrolásticos (Figs. 3a y 3b).

El muestreo se realizó en abril del 2021 cuando el canal aún no estaba en uso y había acumulación de sedimento (Figs. 3a y 3b). Las muestras de sedimento superficial se recolectaron en un área entre la costa y el borde del agua (Jiang *et al.*, 2019). Posteriormente se realizó el muestreo de acuerdo con Wang *et al.*, (2017). Subsecuentemente las muestras se llevaron al Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA), Facultad de Ciencias Naturales y Matemática (FCNM), Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV).

Todas las muestras de sedimento se secaron a 50 °C durante al menos 48 h y se investigaron 30 g de sedimentos secos por triplicado de cada sitio de los canales de riego en la sección de tierra (Wang *et al.*, 2017).

La separación de MPs se realizó según el método de separación por densidad modificado de Thompson *et al.* (2004) con cloruro de cinc ($ZnCl_2$) que es una solución de alta densidad, para lo cual se siguió el procedimiento descrito por Shruti *et al.* (2019) con la modificación de que se usó un filtro con porosidad de 6 μm .

Teniendo los MPs separados se procedió a la identificación y conteo mediante el uso de un microscopio. Se determinó la abundancia según Jiang *et al.* (2019) y características como tamaño, el cual comprende pequeños MPs (SMP, 1 μm – 1 mm) y grandes MPs (LMP, 1mm – 5 mm), para diferenciar entre dos comúnmente usadas definiciones de MP (MSFD-TSML, 2013; Van Cauwenberghe *et al.*, 2015), con la modificación que SMP para este estudio fue 6 – 1000 μm , debido al tamaño de poro del filtro usado. También se determinó la característica de forma de MPs (Crawford & Quinn, 2016), con modificación de que cada morfología comprende tamaños menores a 5 mm. Además, se determinó la característica de color (Lin *et al.*, 2018).

Prevención de la contaminación

En campo y laboratorio se lavó todo material a usar. Además, para considerar la contaminación del aire por MPs se colocó una placa de Petri limpia con un filtro de membrana humedecido en el suelo (Lin *et al.*, 2018) tanto para campo y laboratorio.

En campo: se utilizó una paleta de acero inoxidable y guantes de algodón (Horton *et al.*, 2016; Shruti *et al.*, 2019), y bolsas de papel aluminio en el sitio para almacenar las muestras (Wang *et al.*, 2017).



Figura 3. Macrolásticos depositados en el canal de riego: a) Yuncaypara y b) Mejorada, distrito de Madeán, provincia de Yauyos, región Lima, Perú.

En laboratorio: Se utilizaron guantes de nitrilo (Iannacone *et al.*, 2021). Se realizó el lavado de recipientes tres veces con agua filtrada, la solución salina fue filtrada antes de su uso (porosidad del filtro 0,45 μm). Todas las muestras fueron tapadas con papel aluminio, en todo momento del experimento. Adicionalmente, para considerar la posible contaminación del aire, se analizaron tres muestras control de solución de ZnCl_2 con volumen equivalente al filtrado por muestra de campo (Horton *et al.*, 2016).

Aspectos éticos: El estudio no conllevó a la

manipulación de ningún compuesto químico que ponga en riesgo al ambiente en el momento de la toma de muestras en los canales de tierra para riego.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 3 muestra la abundancia de MPs en los sitios muestreados. La abundancia en CM, CY1 y CY2 que fueron $111,11 \pm 19,25$; $566,67 \pm 88,19$ y $66,66 \pm 0,00$ Ítems/kg de sedimento seco, respectivamente. La figura 4abc muestran los

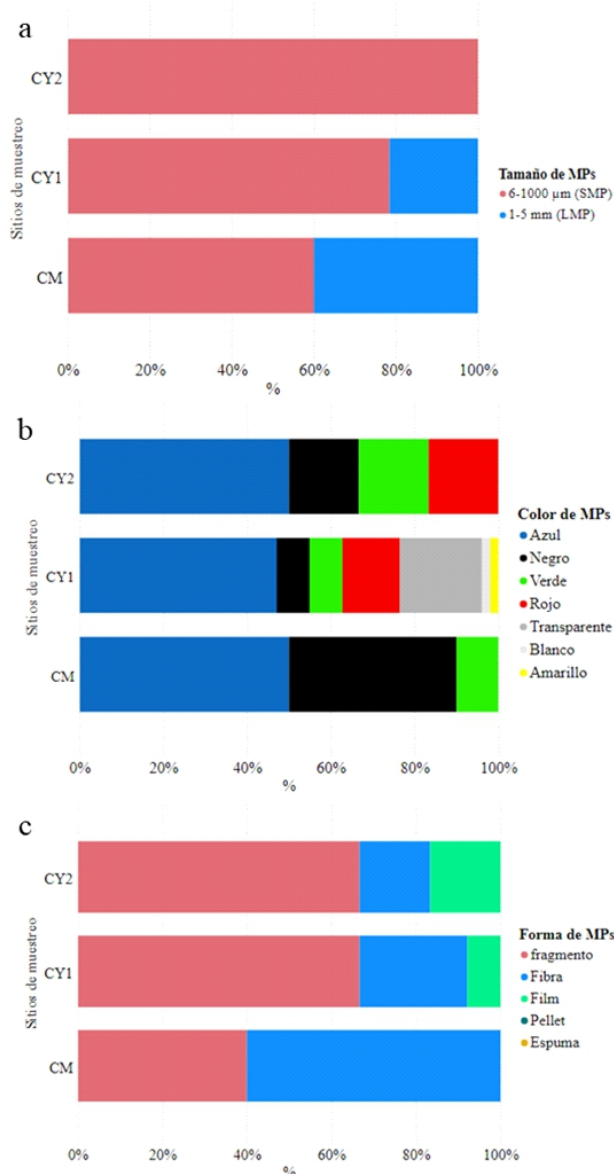


Figura 4. Tamaño (a), color (b) y forma (c) de MPs en sedimentos superficiales de canales de tierra para riego en el centro poblado de Madeán, provincia de Yauyos, región de Lima, Perú.

resultados de tamaño, color y forma de microplásticos, respectivamente.

El tamaño de MPs menores a 1 mm comprende entre 60 a 100 % en los sitios estudiados (Fig. 4a). Similares resultados encontró Huang *et al.* (2021) que demuestran que en sedimentos de canal los SMP (64,55%) fueron mayores que los LMP. Es importante esta característica de MPs, ya que la toxicidad de los microplásticos depende principalmente de su tamaño, más que de su composición (Lei *et al.*, 2018).

Los MPs coloreados fueron superiores a 70% en los diferentes sitios estudiados, con el color azul como color predominante (Fig. 4b). De manera similar, Huang *et al.* (2021) determinaron que los MPs coloreados comprenden entre el 70 a 100% de MPs en diferentes sitios en sedimentos de canales. Además, todos los colores mencionados por Jiang *et al.* (2019) fueron observados. Esta característica de color de MPs, es una herramienta útil para determinar las posibles fuentes de origen de los MPs (Chen *et al.*, 2021). Así como también, la edad de los MPs puede estar relacionado al grado de decoloración (Turner & Holmes, 2011).

Las formas encontradas en los sedimentos de canal en los sitios estudiados comprenden fragmento, fibra y film, siendo el fragmento y fibra los predominantes por encima del 80 % en los sitios. Similar a nuestro estudio, en el estudio de Huang *et al.* (2021) determinaron que los fragmentos (58,20%), seguido de fibras (36,68%) fueron los más abundantes en sedimentos. Esto da a entender que ha ocurrido el proceso de fragmentación de macrolásticos (2,5 cm <) (MSFD-TSML, 2013; Van Cauwenberghe *et al.*, 2015), es por eso que los macrolásticos encontrados cerca al sitio de muestreo (Figs. 3a y 3b) es probable que en el futuro también se fragmenten.

Una de las maneras que pueden llegar los MPs al suelo es por medio de irrigación con agua de río en la que arrastra plásticos y MPs (Bläsing & Amelung, 2018), prueba de ello se muestra en las figuras 3a y 3b macrolásticos sobre los sedimentos de canales de riego. Ante eso detectar MPs en sedimentos de canales de tierra hay posibilidad que por acción del agua lleguen a los suelos agrícolas (OKelly *et al.*, 2021), ya que los microplásticos se transportan a largas distancias a

través del canal (Huang *et al.*, 2021). Estos pueden llegar a suelos agrícolas de diferente tamaño, color y forma (Fig. 4abc). Por lo tanto, algunas formas pueden tener más efecto que otras. Por ejemplo, las fibras de MPs mostraron un impacto negativo en la formación de agregados del suelo (Lehmann *et al.*, 2021). También, cuando se expone a fibras o MPs, germinan menos semillas de *L. perenne* (Boots *et al.*, 2019) y pequeños fragmentos de MPs afectan a *E. andrei* (evidencia de daños intestinales) (Rodríguez-Seijo *et al.*, 2016).

No se encontraron pellet (MPs primario), ni espuma. El cual da a entender que los MPs secundarios que son fragmentos derivados a partir del material plástico más grande (Arthur *et al.*, 2009; Cole *et al.*, 2011), son los que se encontraron en las muestras analizadas.

Con respecto al distanciamiento entre los sitios de muestreo en el canal y el centro poblado, se observa en la figura 1 que el sitio más cercano al centro poblado es el que tiene mayor abundancia, siendo probable que el centro poblado sea uno de los principales contribuidores de MPs para los canales, ya que en la figura 1 y 2 se muestra una “sección de quebrada” por el cual se dirige las aguas pluviales del centro poblado hacia el canal. Además, hay evidencia de residuos plásticos en la intersección del canal Yuncaypara con la “sección de quebrada” (Fig. 2).

Se concluye que hay presencia y contaminación por MPs en sedimentos superficiales de canales de tierra para riego. En cuanto a las características de tamaño, color y forma, los predominantes fueron SMP (6-1000 μm), azul y fragmento, respectivamente. No se encontró presencia de pellet y espuma, siendo los MPs secundarios los únicos encontrados. A mayor cercanía del sitio de muestreo con el centro poblado, presenta mayor abundancia de MP.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV) por brindar las facilidades para realizar la presente investigación.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Arthur, C.; Baker, J.; Bamford, H.; Barnea, N.; Lohmann, R.; McElwee, K.; Morishige, C. & Thompson, R. 2009. Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects and fate of microplastic marine debris. In NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30. h
- Bläsing, M. & Amelung, W. 2018. Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Science of The Total Environment*, 612: 422–435.
- Boots, B., Russell, C.W. & Green, D.S. 2019. Effects of microplastics in soil ecosystems: above and below ground. *Environmental Science & Technology*, 53: 11496–11506.
- Castañeda, G.; Gutiérrez, A.; Nacaratte, F. & Manzano, C. 2020. Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Revista Boliviana de Química*, 37: 142–157.
- Chen, J.; Wang, W.; Liu, H.; Xu, X. & Xia, J. 2021. A review on the occurrence, distribution, characteristics, and analysis methods of microplastic pollution in ecosystems. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 33: 227–246.
- Crawford, C.B. & Quinn, B. 2016. *Microplastic pollutants* (1ra^{Ed.}). Elsevier Limited.
- Cole, M.; Lindeque, P.; Halsband, C. & Galloway, T. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62: 2588–2597.
- Flores, P. 2020. La problemática del consumo de plásticos durante la pandemia de la Covid-19. *South Sustainability*, 1: 1–9.
- Flores, R. & Changanaqui, M. 2019. *Estudios y diseños del sistema de agua potable y alcantarillado para el centro poblado Madean, distrito de Madean, provincia de yauyos, región Lima*. Universidad José Faustino Sánchez Carrión. <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/1573839>
- GESAMP. 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment” (Kershaw, P. J., ed.). (I M O / F A O / U N E S C O - IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UN DP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. S.
- Geyer, R.; Jambeck, J. & Law, K. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3: e1700782.
- Horton, A.; Svendsen, C.; Williams, R.; Spurgeon, D. & Lahive, E. 2016. Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK – abundance, sources and methods for effective quantification. *Marine Pollution Bulletin*, 114: 218–226.
- Huang, S.; Peng, C.; Wang, Z.; Xiong, X.; Bi, Y.; Liu, Y. & Li, D. 2021. Spatiotemporal distribution of microplastics in surface water, biofilms, and sediments in the world's largest drinking water diversion project. *Science of The Total Environment*, 789: 148001.
- Iannacone, J.; Príncipe, F.; Minaya, D.; Panduro, G.; Carhuapoma, M. & Alvarino, L. 2021. Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32: e20038.
- Jiang, C.; Yin, L.; Li, Z.; Wen, X.; Luo, X.; Hu, S.; Yang, H.; Long, Y.; Deng, B.; Huang, L. & Liu, Y. 2019. Microplastic pollution in the rivers of the Tibet Plateau. *Environmental Pollution*, 249: 91–98.
- Lehmann, A.; Leifheit, E.F.; Gerdawischke, M. & Rillig, M.C. 2021. Microplastics have shape- and polymer-dependent effects on soil aggregation and organic matter loss – an experimental and meta-analytical approach. *Microplastics and Nanoplastics*, 1: <https://doi.org/10.1186/s43591-021-00007-x>
- Lei, L.; Wu, S.; Lu, S.; Liu, M.; Song, Y.; Fu, Z.; Shi, H.; Raley-Susman, K. & He, D. 2018. Microplastic particles cause intestinal damage and other adverse effects in zebrafish *Danio rerio* and nematode *Caenorhabditis elegans*. *Science of The Total Environment*, 619–620: 1–8.
- Lin, L.; Zuo, L.Z.; Peng, J.P.; Cai, L.Q.; Fok, L.; Yan, Y.; Li, X.X. & Xu, X.R. 2018. Occurrence and distribution of microplastics in an urban river: A case study in the Pearl River along Guangzhou City, China. *Science of The Total Environment*,

- 644: 375–381.
- Magistocchi, L.; Infante, P.; Guisasola, L. & Salomón, M. 2012. Influencia de los Residuos Sólidos en la Contaminación Hídrica de la red de riego del Gran Mendoza. *Mitigación y Gestión*. <https://www.ina.gov.ar/cra/index.php?seccion=12>
- Minam. 2018. MINAM: *El plástico representa el 10% de todos los residuos que generamos en el Perú*. <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/minam-el-plastico-representa-el-10-de-todos-los-residuos-que-generamos-en-el-peru/>
- MSFD-TSML 2013. *Guidance on monitoring of marine litter in european seas*. European Commission Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability. MSFD Technical Subgroup on Marine Litter. 124 p. <https://doi.org/10.2788/99475>
- O'Kelly, B.C.; El-Zein, A.; Liu, X.; Patel, A.; Fei, X.; Sharma, S.; Mohammad, A.; Goli, V.S.; Wang, J.J.; Li, D.; Shi, Y.; Xiao, L.; Kuntikana, G.; Shashank, B.S.; Sarris, T.S.; Rao, B.H.; Mohamed, A.M.; Paleologos, E.K.; Nezhad, M.M. & Singh, D.N. 2021. Microplastics in soils: an environmental geotechnics perspective. *Environmental Geotechnics*, 8: 586–618.
- OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental). 2021. *Áreas degradadas por Residuos Sólidos*. <https://pifa.oefa.gob.pe/AppResiduos/>
- PE (Plastic Europe). 2020. *Plastics – the Facts 2020*. <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2020/>
- Rochman, C. 2018. Microplastics research - from sink to source. *Science*, 360 (6384): 28–29.
- Rodriguez-Seijo, A.; Lourenço, J.; Rocha-Santos, T.A.P.; da Costa, J.; Duarte, A.C.; Vala, H.; & Pereira, R. 2016. Histopathological and molecular effects of microplastics in *Eisenia andrei* Bouche. *Environmental Pollution*, 220: 495–503.
- Shruti, V.; Jonathan, M.; Rodríguez, P. & Rodríguez, F. 2019. Microplastics in freshwater sediments of Atoyac River basin, Puebla City, Mexico. *Science of the Total Environment*, 654: 154–163.
- Thompson, R.; Olsen, Y.; Mitchell, R.; Davis, A.; Rowland, S.; John, A.W.G.; McGonigle, D. & Rushell, A. 2004. Lost at sea: Where is all the plastic?, *Science*, 304 (5672): 838.
- Turner, A. & Holmes, L. 2011. Occurrence, distribution and characteristics of beached plastic production pellets on the island of Malta (central Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 62: 377–381.
- 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.
- Wang, J.; Jinping, P.; Tan, Z.; Gao, Y.; Zhan, Z.; Chen, Q. & Cai, L. 2017. Microplastics in the surface sediments from the Beijiang River littoral zone: Composition, abundance, surface textures and interaction with heavy metals. *Chemosphere*, 171: 248–258.

Received January 3, 2022
Accepted February 5, 2022.