

Detección y cuantificación de microplásticos en el sistema de agua potable de la ciudad del Cusco

Detection and quantification of microplastics in the drinking water system of the Cusco city

Zulma Lara-Díaz del Olmo¹, Martha Mostajo-Zavaleta^{2} & María Ochoa-Cámara²*

¹ *Escuela profesional de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Av. La Cultura 733, Cusco, Perú.*

² *Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Av. La Cultura 733, Cusco, Perú.*

**Autor corresponsal: Martha Mostajo-Zavaleta, martha.mostajo@unsaac.edu.pe*

RESUMEN

Se detectó y cuantificó microplásticos en las aguas de la laguna de Piuray, que es una de las fuentes que abastece a la planta de Santa Ana, en la que se realiza el tratamiento de agua, para consumo de la población Cusqueña, así como en agua proveniente de grifos domiciliarios del centro poblado de Chinchero. El sedimento de las muestras de agua se sometió a digestión oxidativa, para poder extraer los microplásticos de la muestra, se utilizó peróxido de hidrógeno al 20 %. (Nuelle et. al. 2014) permitiendo así la separación de los plásticos por flotación y separación del sobrenadante (Thonson et. al. 2004) el volumen final de cada muestra fue filtrado. Tras un periodo de secado de 48 horas de los filtros, estos fueron visualizados, a través de un estereoscopio. La detección de microplásticos se hizo por Espectroscopia infrarroja – transformada de Fourier (FIRT), la mayor cantidad de microplásticos se detectó en la muestra de agua proveniente de la Caseta de Guardianía - Zona Piuray, (un promedio 164 microplásticos / campo), de los cuales el 94 % de microplástico corresponde a la tipología de fragmento, y el 6 % a la de fibra, de acuerdo al análisis FIRT, se ha encontrado en esta zona espectros correspondientes a polietileno de baja densidad y polipropileno. En la zona de Pongobamba a 50 m de la orilla se ha encontrado la menor cantidad de microplásticos, 14/ campo, de los cuales el 71.4 % corresponde a la tipología de fibra y el 29 % a la de fragmento. En las muestras de agua de la laguna de Piuray se ha encontrado 76 % de microplásticos con tipología de fragmento y 24 % de fibra. No se detectó microplásticos en agua de grifo de viviendas del centro poblado de Chinchero.

Palabras clave: Microplástico, agua, detección, tipología, polietileno, polipropileno.

ABSTRACT

Microplastics were detected and quantified in the waters of the Piuray lagoon, which is one of the sources that supplies the Santa Ana plant, where water treatment is carried out for consumption by the Cusqueña population, as well as in water from household taps in the town center of Chinchero. The sediment of the water samples was subjected to oxidative digestion, in order to extract the microplastics from the sample, 20% hydrogen peroxide was used. (Nuelle et. al., 2014), thus allowing the separation of the plastics by flotation and separation of the supernatant (Thonson et.al., 2004). The final volume of each sample was filtered. After a 48 hour drying period of the filters, the filters were visualized through a stereoscope. The detection of microplastics was done by Infrared Spectroscopy - Fourier transform. the largest amount of microplastics was detected in the water sample from the Guardianship Booth - Piuray Zone, (164 / field), of which 94% of microplastics correspond to the type of fragment, and 6% to the fiber, according to the FIRT analysis, has been found in this area spectra corresponding to low density polyethylene and polypropylene. In the Pongobamba area, 50 m from the shore, the least amount of microplastics has been found, 14/ field, of which 71.4% corresponds to the fiber type and 29% to the fragment type. In the water samples of the Piuray lagoon, 76% of microplastics with fragment typology and 24% of fiber have been found. Microplastics were not detected in tap water from homes in the town center of Chinchero.

Key words: Microplastic, water, detection, typology, polyethylene, polypropylene.

INTRODUCCIÓN

La contaminación por microplásticos es un problema latente, que ha ido adquiriendo en los últimos años una creciente preocupación para la sociedad. El término "microplásticos" se introdujo hace aproximadamente una década para describir pequeñas partículas sintéticas de plástico con un tamaño menor de 5 mm, (Tagg et al., 2015).

Según Martínez-García (2014), los microplásticos son partículas pequeñas de polímeros como el polietileno (bolsas plásticas, artículos de uso doméstico), poliestireno (contenedores de alimentos), nylon, polipropileno (telas) o cloruro de polivinilo (tuberías plásticas). A medida que la producción y la utilización del plástico aumentó constantemente a lo largo de las décadas, la ocurrencia de microplásticos en el ambiente también se ha intensificado (Carr et al., 2016) y estos nuevos contaminantes ahora se han detectado en diferentes ambientes acuáticos, incluidos océanos, ríos, lagos y estuarios (Ziajahromi et al., 2017). La contaminación por microplásticos puede ingresar a estas aguas receptoras a través de múltiples vías, incluida la escorrentía de las aguas pluviales, la advección

del viento, las precipitaciones atmosféricas, y las descargas de aguas residuales tratadas (Mason et al., 2016).

La ciudad del Cusco tiene una población de 490,615 habitantes (INEI, 2017), que genera 366.55TM/día de basura, aproximadamente un 10% de este, es plástico proveniente del consumo creciente de múltiples productos de uso cotidiano, rural o industrial, cuyos residuos son llevados a diario a los botaderos (Organismo de Fiscalización y Organización Ambiental. (2016)) y otra cantidad considerable son eliminados en las orillas de los ríos y lagunas. La presencia de alta cantidad de plásticos en aguas superficiales produce contaminación del recurso hídrico, los residuos plásticos expuestos a la radiación ultravioleta (UV) del sol se fotodegradan, produciendo escisión de enlaces químicos de la matriz del polímero por el proceso de oxidación, provocando que el plástico se vuelva frágil. La exposición al sol, en combinación con el viento y la abrasión, da lugar a que los residuos degradados de plástico se fragmenten, generando micro y nanoplasticos (Arthur, 2009), los que se van acumulando y depositando en fuentes de agua superficiales, generando monómeros, oligómeros y otros

compuestos químicos, que pueden ser absorbidos, pudiendo afectar negativamente a la salud humana. Una vez que los microplásticos están incorporados en el intestino, pueden liberar monómeros constituyentes, así como aditivos y toxinas absorbidas, que pueden causar daños fisiológicos que van desde estrés oxidativo hasta carcinogénesis (Wang et al., 2018).

METODOLOGÍA

Área de estudio

El área de estudio fue la laguna de Piuray que se encuentra en la cuenca Piuray Corimarca, dentro de la cuenca Urubamba. Presenta una población de 11 200 habitantes, distribuidas en 14 Comunidades Campesinas asentadas en 21 centros poblados. La laguna está a 30 Km de la ciudad del Cusco, a una altitud de 3.750 m; y el centro poblado de Chinchero en el distrito de Chinchero provincia de Urubamba, Región Cusco. (Rosas & Miranda, 2015) (Fig. 1).

Muestreo

Con el fin de garantizar una toma de muestra de agua representativa, en cada punto de muestreo seleccionado (Fig.1), se tomaron 10 litros de agua. Las muestras fueron guardadas en botellas de vidrio ámbar y transferidas inmediatamente al laboratorio. El muestreo de agua de grifo se realizó en viviendas del centro poblado de Chinchero, se utilizó el mismo método descrito anteriormente.

En laboratorio se dejaron sedimentar las muestras de agua, por una semana, posteriormente se separó el sedimento del sobrenadante. El sedimento fue sometido a digestión oxidativa, para poder extraer los microplásticos de la muestra, se utilizó peróxido de hidrogeno al 20 %. (Nuelle et al., 2014), permitiendo así la separación de los plásticos por flotación y separación del sobrenadante (Thonson et al., 2004)), el volumen final de cada muestra fue filtrado. Tras un periodo de secado de 48 horas de los filtros en cámara oscura, se visualizaron los filtros, a través de un estereoscopio marca Carl Zeiss, modelo Discovery V-8 del Herbario Vargas Cuz, para detectar, seleccionar y cuantificar los microplásticos presentes.

La detección de microplásticos se hizo por Espectroscopia infrarroja – transformada de Fourier (FIRT), en el laboratorio de Química orgánica de la UNSSAC, el equipo utilizado fue el

espectroscopio marca Termo, modelo NICOLET 308, que compara con espectros de plásticos conocidos, permite la identificación rápida y exacta de los polímeros en base a su espectro IR, dado por la absorción de las transiciones vibratorias, tras irradiar la muestra con luz infrarroja. En el modo de transmisión, es capaz de caracterizar microplásticos, (Pinto da Costa et. al., 2019). Una vez obtenida la caracterización espectral FTIR de las muestras, estas se compararon con Espectros FTIR de microplásticos a base de polietileno (PE), polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC), Poliéstireno (PS) y Polietileno Tereftalato (PET) (Manrique-Muñante, 2020) (Fig. 2).

RESULTADOS

En el punto e muestreo A, que corresponde a la rivera de la laguna zona Piuray, no se encontró microplástico en forma de fibra, pero si hubo un promedio de 27 micro plásticos por campo, en forma de fragmento. En el punto de muestreo B que corresponde a la caseta de guardianía –zona de Piuray, es donde se encontró la mayor cantidad de microplásticos en forma de fragmento con un promedio de 163 por campo, en forma de fibra se encontró 1 por campo, y en el punto de muestreo C que corresponde a 50 ms de la orilla de la laguna zona-Pongobamba es donde se encontró la mayor cantidad de micro plástico en forma de fibra con un promedio de 10 por campo, y 4 en forma de fragmento. (Fig. 3).

En los tres puntos de muestreo de agua en la laguna de Piuray se encontró un 76 % de micro plástico en forma de Fragmento y un 24 % en forma de fibra (Fig. 4).

Los espectros FIRT (Figs. 6, 7) de microplásticos provenientes de agua de la rivera de la laguna-Zona Piuray, Caseta de Guardianía - Zona Piuray y a 50 ms de la orilla de la laguna zona-Pongobamba corresponde a polietileno de baja densidad y el espectro (Fig.8) de microplástico proveniente de agua de la Caseta de Guardianía - Zona Piuray corresponde a polipropileno; al comparar con la figura 2, donde se muestra los Espectros FTIR de micro plásticos a base de PE, PP, PVC, PS y PET (Manrique-Muñante, 2020).

En cuanto a la muestra de agua de grifo proveniente del punto de muestreo D, que corresponde a viviendas del centro poblado de Chinchero, no se detectó microplásticos.

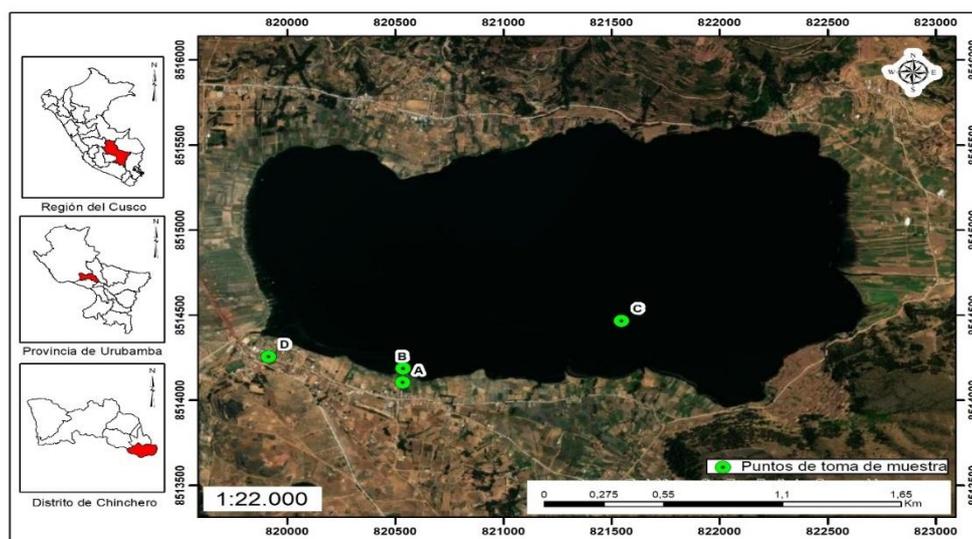


Figura 1. Mapa de la ubicación de los puntos de muestreo en la laguna de Piuray y Centro poblado de Chinchero. A: rivera de la laguna-Zona Piuray, B: Caseta de Guardianía - Zona Piuray, C: 50 ms de la orilla de la laguna-Zona Pongobamba; D: agua de grifo del centro poblado de Chinchero.

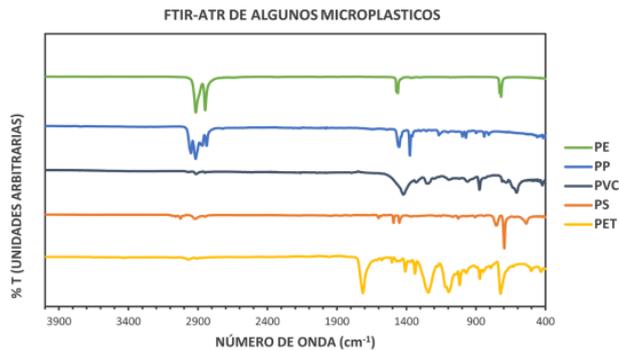


Figura 2. Espectros FTIR de microplásticos a base de PE, PP, PVC, PS y PET (Manrique-Muñante, 2020).

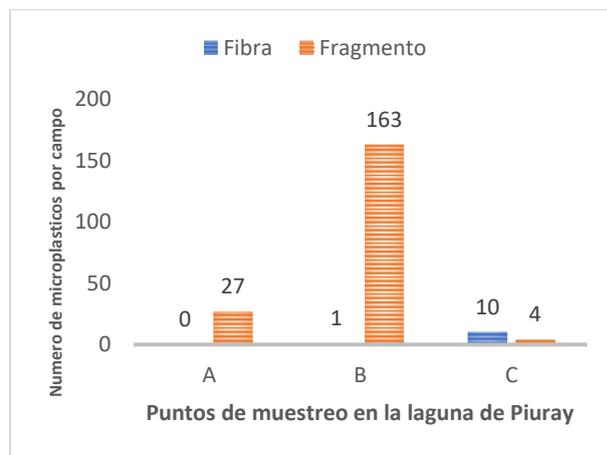


Figura 3. Número de microplásticos en forma de Fibra o Fragmento en agua de la laguna de Piuray muestreadas en tres zonas (A: rívera de la laguna-Zona Piuray; B: Caseta de Guardianía - Zona Piuray; C: 50 ms de la orilla de la laguna-Zona Pongobamba).

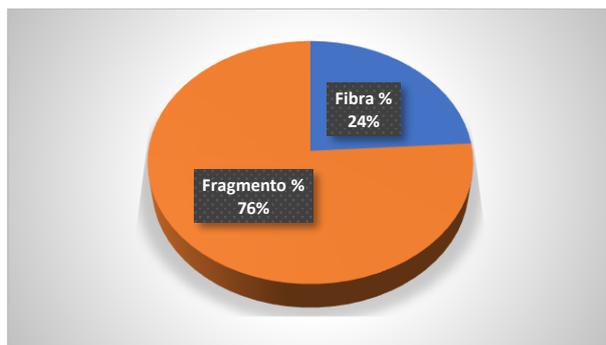


Figura 4. Porcentaje de microplástico en forma de fibra y fragmento presentes en los tres puntos de muestreo de la laguna de Piuray.

DISCUSIÓN

Todas las muestras de agua provenientes de la laguna de Piuray presentaron micro plásticos, encontrándose la mayor cantidad en agua proveniente de la Caseta de Guardianía - Zona Piuray, 164 micro plásticos por campo. El 94 % de micro plástico corresponde a la tipología de fragmento, y el 6 % a la de fibra, además de acuerdo al análisis FIRT, se ha encontrado en esta zona espectros correspondientes a polietileno de baja

densidad (Fig.8) y a polipropileno (Fig.9) , indicándonos de que en esta zona hay una mayor contaminación por bolsas de plástico y degradación fotoquímica de plástico, De acuerdo a Singh & Sharma (2008), la radiación UV-B cercana de la luz solar (290nm) posee la energía suficiente para romper los enlaces C-C 375 kJ/mol y C-H 420 kJ/mol del polietileno de baja densidad los cuales son equivalentes a una radiación UV-B de 320nm y 290nm respectivamente. En agua de la zona de Pongobamba a 50 ms de la orilla se ha encontrado menor cantidad de micro plásticos, 14 por campo, de los cuales el 71.4 % corresponde a la tipología de fibra y el 29 % a la de fragmento, debido a que la flotabilidad y, por tanto, la concentración de los micro plásticos, disminuye con la profundidad de manera exponencial, existiendo un mayor descenso en cuerpos de agua con poco movimiento, sobre todo para las partículas de mayor tamaño (Kooi, et.al. 2016) ((Fig.5). En la zona de la rívera de la laguna- zona Piuray se ha encontrado 27 micro plásticos por campo, de los cuales el 100 % corresponden a la tipología de fragmento, esto nos indica, de que en esta zona hay micro plásticos en proceso de degradación en menor cantidad, en relación a la zona de la caseta de guardianía donde se encontró la mayor cantidad de micro plásticos. Existe una creciente preocupación por la ubicuidad de desperdicios plásticos a nivel mundial, especialmente en el medio acuático, Esta preocupación ha empezado a suscitar incertidumbres sobre la ingesta de plásticos por parte de los consumidores y sus efectos en la salud. Los Micro plásticos y nano plásticos son ingeridos por la mayoría de especies marinas, llegando al consumidor a través de la cadena alimentaria (Toledo & Fernández, 2019), así como por el consumo de agua, ya que muchos cuerpos de agua son utilizados como fuentes que abastecen a plantas de tratamiento de agua para consumo humano.

En las muestras de agua de la laguna de Piuray se ha encontrado 76 % de fragmentos y 24 % de fibras, comparando con el trabajo de León-Muez et.al. (2020) que encontraron 52.2 % fibras y 39.5 % fragmentos, Films 26.1%; Esferas 7%; Gomas 7%; Otros 2%, en aguas de arroyos y ríos. En el presente trabajo no encontramos tipologías de films, gomas ni esferas. Se recomienda realizar trabajos más exhaustivos en la detección y cuantificación de micro plásticos y nano plástico en las aguas de la laguna de Piuray, así como en agua de grifos provenientes de viviendas de la población cusqueña.



Figura 5. Microplásticos en forma de fibra y fragmentos en el agua de la laguna de Piuray.

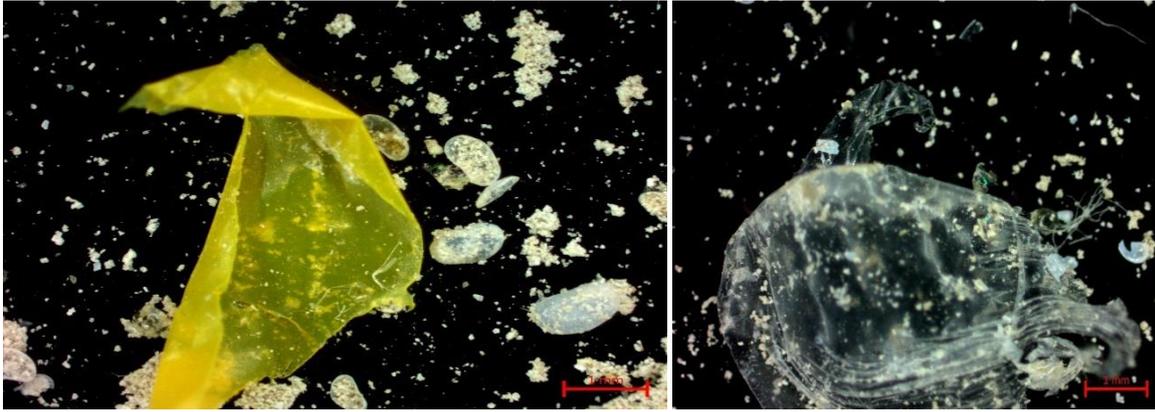


Figura 6. Microplásticos en forma de fragmento.

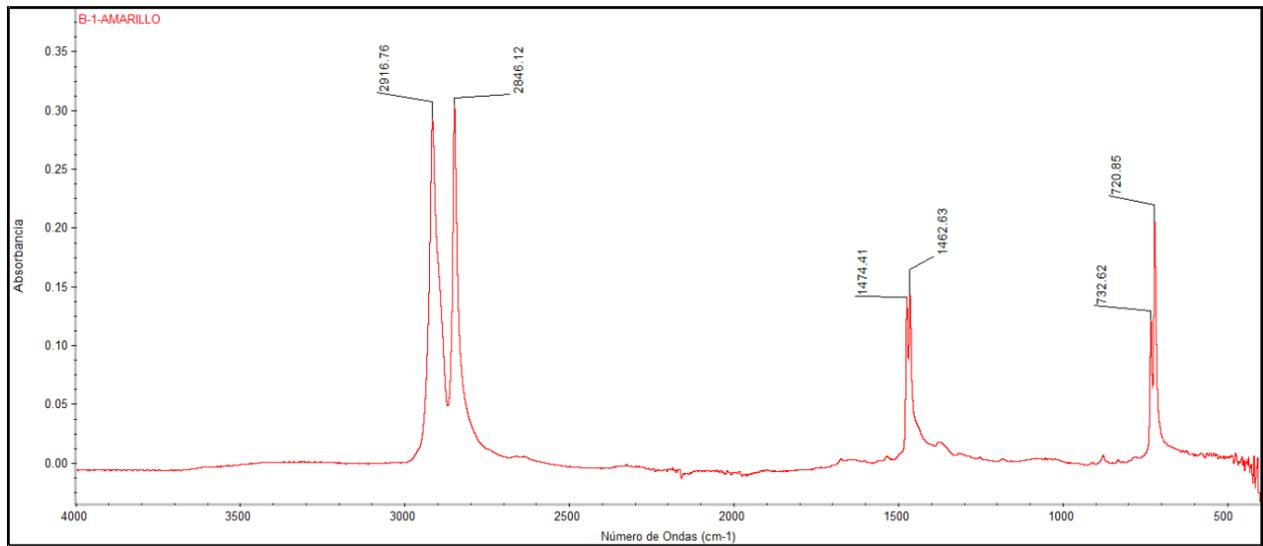


Figura 7. Espectro de polietileno de baja densidad, corresponde a la muestra de microplástico proveniente del punto de muestreo A: rivera de la laguna-Zona Piuray y C que corresponde a 50 ms de la orilla de la laguna zona-Pongobamba.

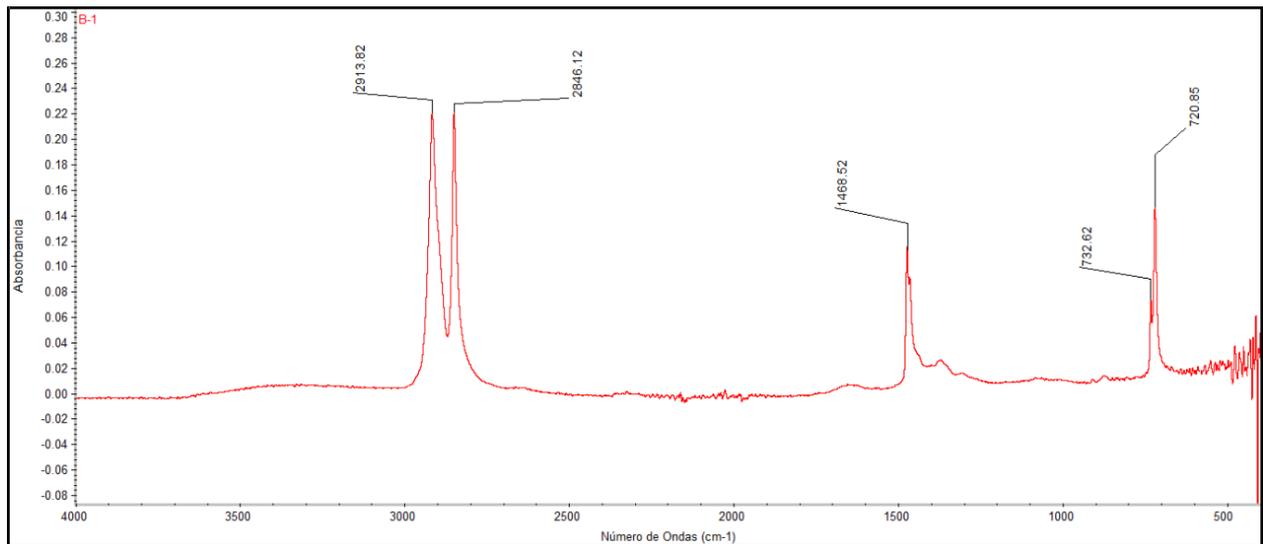


Figura 8. Espectro de polietileno de baja densidad, corresponde a la muestra de microplástico proveniente del punto de muestreo B: Caseta de Guardianía - Zona Piuray.

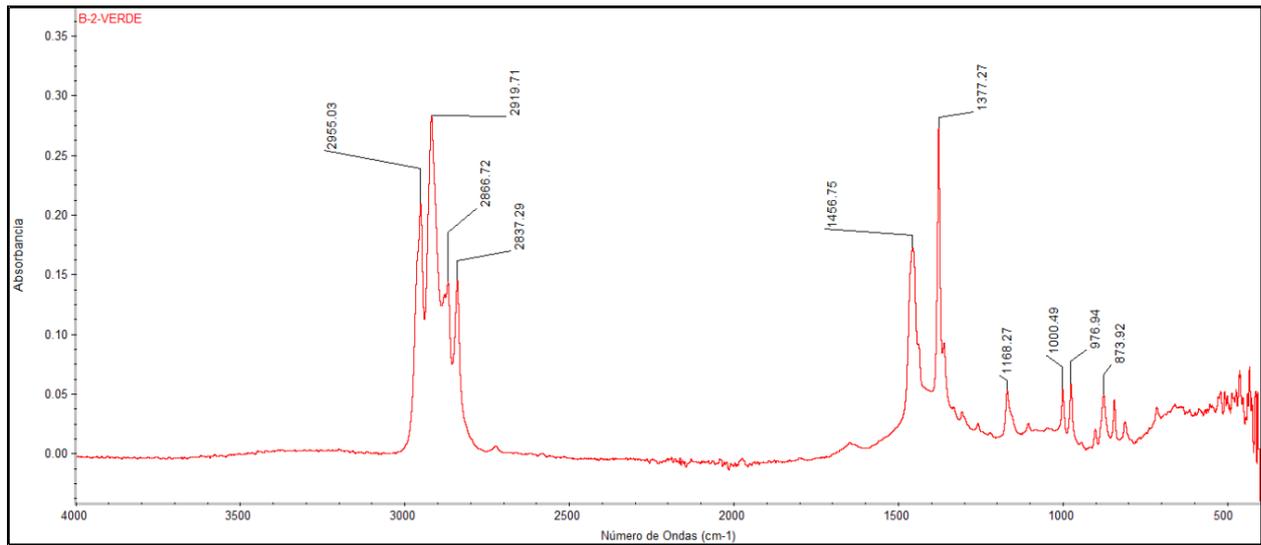


Figura 9. Espectro de polipropileno, corresponde a la muestra de microplástico proveniente del punto de muestreo B: Caseta de Guardianía - Zona Piuray

CONCLUSIONES

Se ha detectado la mayor cantidad de micro plásticos en agua de la Caseta de Guardianía - Zona Piuray, (164 / campo), de los cuales el 94 % de micro plástico tienen la tipología de fragmento, y el 6 % de fibra, en el análisis FIRT, se ha encontrado espectros correspondientes a polietileno de baja densidad y polipropileno. En la zona de Pongobamba a 50 ms de la orilla se ha encontrado la menor cantidad de micro plásticos, 14/ campo, de los cuales el 71.4 % corresponde a la tipología de fibra y el 29 % a la de fragmento. En las muestras de agua de la laguna de Piuray se ha encontrado 76 % de micro plásticos que corresponden a la tipología de fragmento y 24 % a la de fibra. No se detectó micro plásticos en agua de grifo de viviendas del centro poblado de Chinchero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arthur, C., Baker, J & Bamfor, H. (2009). Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30.
- Carr, S.A., Liu, J. & Tesoro, A.G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Research*, 91, 174–182. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.002>
- Kooi, M., Reisser, J., Slat, B., Ferrari, F., Schmid, M., Cunsolo, S. & Koelmans, A. A. (2016). The effect of particle properties on the depth profile of buoyant plastics in the ocean. *Scientific Reports* | 6:33882 | DOI: 10.1038/srep33882
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017) Censos Nacionales de Población y Perú: Crecimiento y distribución de la población.
- León-Muez, P., Peñalver-Duque, C., Ciudad Trilla, M., Muñoz, O., Infante, S., Güemes Santos, R., Parrilla Giráldez, L. Serrano-Martín. (2020). Primer muestreo de microplásticos en arroyos y ríos de la España peninsular. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente. Ecosistemas* 29(3):2087 <https://doi.org/10.7818/ECOS.2087>
- Manrique-Muñante (2020). Microplásticos: El enorme problema de las pequeñas partículas de Plástico. *Revista de Química*.34(1-2)
- Organismo de Fiscalización y Organización Ambiental. (2016). Fiscalización Ambiental de Residuos sólidos de la gestión Municipal de la Provincia del Cusco.
- Martínez-García, A.D. (2014). Análisis y caracterización de micro plásticos presentes en limpiadores faciales y su impacto sobre el medio ambiente. *Evolution*. Universidad Politécnica de Cartagena- Colombia.
- Mason, S.A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barnes, J., ... Rogers, D.L. (2016). Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environmental Pollution*, 218, 1045–1054. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.056>
- Nuelle, M., Dekiff, J.; Remy, D.; Fries, E. (2014). *Environ. Pollut.* 184, 161–169.
- Pinto da Costa, J., Reis, V., Paço, A., Costa, M., Duarte, A.C., Rocha-Santos, T. (2019). Micro(nano)plastics – Analytical challenges towards risk evaluation. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 111, 173-184. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.12.013>
- Rosas J. & Miranda G. (2015). Estructura Temporal y Espacial de las Comunidades Planctónicas de la Laguna de Piuray Chinchero-Cusco. Escuela profesional de Biología, UNSAAC. Cusco-Perú.
- Singh, B. & Sharma, N. (2008). Mechanistic implications of plastic degradation, *Rev. Polymer Degradation and Stability*, vol. 93 (3), pp. 561-584. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2007.11.008>
- Tagg, A., Sapp, M., Harrison, J. Ojeda, J. (2015). Identification and Quantification of Microplastics in Wastewater Using Focal Plane Array-Based Reflectance Micro-FT-IR Imaging. *Anal. Chem.* 87, 6032–6040. DOI: 10.1021/acs.analchem.5b00495
- Toledo, A. & Hernández, P. (2019). Revisión Bibliográfica de los Métodos de Análisis de Micro(Nano)Plásticos en el Medioambiente y en la biota marina. Facultad de Ciencias. Departamento De Ciencias Analíticas. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., Mc Gonigle, D. & Russell, A. E. (2004). New Plastics Economy Report offers blueprint to design a circular future for plastics. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/news/new-plastics-economy-report-offers-blueprint-to-design-a-circular-future-for-plastics>.

- circular-future-forplastics (recuperado 17 febrero 2020).
- Wang, F., Wong, C.S., Chen, D., Lu, X., Wang, F. & Zeng, E.Y. (2018). Interaction of toxic chemicals with microplastics: A critical review. *Rev. Water Research*. 139:208-19.
- Ziajahromi ,S., Neale, P., Rintoul, L. & Leusch,, F. (2017). Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. *Rev. Water Research* 112. 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.042>

Presentado: 02/08/2022

Aceptado: 10/09/2023

Publicado: 18/03/2024