

Micro y mesoplásticos en la infusión “té de la piedra”

Micro and mesoplastics derived from “stone tea” infusion

Maira S. Gollo¹⁾, Juan M. Rodríguez²⁾, Andrés F. Pighín¹⁾, Elizabeth Villagra ¹⁾,
Juan Ferro³⁾ & Jonatan J. Gomez¹⁾

¹⁾ Grupo de Estudio en Líquenes Argentinos (GELA), Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Lujan, P.O. Box 221, B6700ZBA Lujan, Argentina.

Email: maigollo_04@hotmail.com, andresfabianpighin@yahoo.com.ar, villagra.elb@gmail.com, gomezjonatanjose@ahoo.com.ar

²⁾ Instituto de Investigaciones Biológicas y Tecnológicas, Centro de Ecología y Recursos Naturales Renovables. CONICET – Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 1610. CP 5000, Córdoba.

Email: juan.rodriguez@unc.edu.ar

³⁾ Programa de Eco fisiología Aplicada, Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (PRODEA, INEDES-CONICET), Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Lujan, P.O. Box 221, B6700ZBA Luján, Argentina.

Email: juanferro@gmail.com

Resumen

La presencia de meso y micropartículas plásticas es casi omnipresente en los productos de consumo humano, incluyendo infusiones. Algunas especies de líquenes son frecuentemente comercializadas para la preparación de infusiones. Sin embargo, no existen estudios sobre el contenido de partículas plásticas en las infusiones ni dentro (acumulación) de los líquenes utilizados para hacer dichas infusiones. En el presente trabajo registramos y cuantificamos, por primera vez, el contenido de meso y micropartículas plásticas en las infusiones y talos (acumuladas) de *Usnea amblyoclada*, liquen empleado en la preparación del té “yerba de la piedra”. Los talos utilizados provienen de tres herboristerías del Gran Buenos Aires (GBA, Buenos Aires, Argentina). Realizamos tres infusiones de 250 ml por herboristería. Siguiendo recomendaciones, cada infusión fue llevada a 100 ° C (por 1 minuto). Las infusiones y el material líquénico digerido (método del peróxido de hidrógeno) se filtraron por filtro de 1 µm (poro). Se observaron: número, largo y forma de las partículas plásticas (se reconoció un total de 90 partículas). Se registró un promedio de 3,56 partículas plásticas acumuladas y 6,44 en las infusiones. Los polímeros identificados fueron: nylon 6, poliéster y polipropileno. Las partículas plásticas midieron un largo promedio de 3822,76 µm; con mayor frecuencia de partículas traslucidas (sin color). Aquí relevamos por primera vez la capacidad de *U. amblyoclada* para acumular partículas plásticas. Un consumidor frecuente de té de la piedra implica una ingesta de más de 1000 partículas plásticas por año. Estudios más profundos sobre los procesos de recolección y almacenaje del té de la piedra deberán llevarse a cabo.

Palabras clave: Mesoplásticos, Microplásticos, *Usnea amblyoclada*, Infusión, Té de la piedra.

Abstract

The presence of plastic meso- and micro-particles is almost ubiquitous in products for human consumption, including herbal teas. Some lichen species are frequently marketed for the preparation of herbal teas. However, there are no studies on the content of plastic particles in herbal teas or within (accumulation) of lichens used

to make herbal teas. In the present work, we recorded and quantified, for the first time, the content of meso- and microplastic particles in the infusions and thalli (accumulated) of *Usnea amblyoclada*, a lichen used in the preparation of “stone tea”. The thalli used came from three herbalist’s shops in Greater Buenos Aires (GBA, Buenos Aires, Argentina). We made three infusions of 250 ml per herbalist’s shop. Following recommendations, each infusion was brought to 100°C (for 1 minute). The infusions and the digested liquid material (hydrogen peroxide method) were filtered through a 1 µm filter (pore). The number, length and shape of plastic particles were recorded (a total of 90 particles were recorded). An average of 3.56 cumulative plastic particles and 6.44 in infusions were recorded. The polymers identified were: nylon 6, polyester and polypropylene. Plastic particles recorded an average length of 3822.76 µm; with a higher frequency of translucent (colourless) particles. Here we record for the first time the ability of *U. amblyoclada* to accumulate plastic particles. A frequent consumer of stone tea implies an intake of more than 1000 plastic particles per year. Further studies on the collection and storage processes of stone tea should be carried out.

Key words: Mesoplastics, Microplastics, *Usnea amblyoclada*, Infusion, Stone tea.

Introducción

Los residuos plásticos son casi omnipresentes en los productos de consumo humano. Esta afirmación se encuentra respaldada por un creciente número de publicaciones en una gran diversidad de productos: Bai *et al.* (2022) registraron un total de 639 micropartículas plásticas (tamaño < 5 mm) por kilogramo de “comida para llevar” (alimentos sólidos más bebidas), Zhang *et al.* (2020) observaron micropartículas plásticas en peces comerciales mientras que Karami *et al.* (2018) encontraron mesopartículas plásticas (tamaño > 5 mm) en sardinas enlatadas comerciales, Conti *et al.* (2020) encontraron miles de micropartículas plásticas en una amplia variedad de productos hortícolas (ej., lechuga, zanahoria) y Li *et al.* (2022) registraron la presencia de cientos a miles de meso y micropartículas plásticas por litro en diferentes bebidas comerciales (ej., agua, cerveza, leche). A pesar de que alguna vez fueron consideradas inertes, las partículas plásticas se consideran potencialmente dañinas para los organismos (Galloway 2015). La gran área de superficie de las partículas plásticas puede provocar estrés oxidativo, citotoxicidad y translocación a otros tejidos, mientras que su naturaleza persistente limita su eliminación del organismo, lo que lleva a una inflamación crónica, aumentando el riesgo de cáncer (Prata *et al.* 2020). Además, los residuos plásticos, en particular los microplásticos, pueden liberar sustancias químicas de sus matrices o adsorbidos del medio ambiente (Crawford 2019).

Así como es creciente el número de publicaciones relacionadas al estudio del contenido de residuos plásticos en los productos de consumo humano, estos están lejos de abarcar la totalidad de los productos disponibles. En general, los estudios están profundamente orientados a productos de consumo masivo, mientras que aquellos que no pueden ser enmarcados en dicha categoría han sido poco explorados. Este es el caso de los hongos liquenizados o líquenes. Los líquenes son un importante recurso en la medicina tradicional en muchas culturas (Crawford 2019). El uso medicinal de los líquenes se ha llevado a cabo desde los comienzos de la civilización china y egipcia hasta la actualidad (Hernández *et al.* 2010). Se han reportado diversos efectos benéficos del consumo de líquenes (ej., antihemorrágico, antitusivo, astringente, vermífugo) debido a la presencia de metabolitos secundarios con propiedades antibióticas (Illana 2012). Dichos líquenes se utilizan de distintas maneras para cada afección, ya sea en forma de tónico, pomadas, polvos (Illana 2012), decocción e infusiones (Hernández *et al.* 2010, Illana 2012). Esta última forma de uso, las infusiones de los talos, son muy populares entre los consumidores

del "té de la piedra" (o "té de barba de piedra"). Uno de los géneros más reconocidos, alrededor del mundo, para la realización de infusiones es *Usnea* Dill. ex Adans. Existen varias especies de este género que se comercializan en comercios especializados bajo el nombre de té de la piedra (ej., *U. durietzii* Motyka, *U. amblyoclada* (Müll. Arg.) Zahlbr, *U. hieronymi* Kremp. *U. caespitia* Motyka, Rodríguez y Estrabou 2008). Actualmente, no hay estudios que analicen la ocurrencia de microplásticos en las infusiones del té de la piedra.

Los líquenes acumulan micropartículas plásticas. Esta afirmación fue demostrada por Loppi *et al.* (2021). Estos autores demostraron que la acumulación de micropartículas plásticas estaba directamente relacionada con la distancia a la fuente de producción (basural). A priori, poblaciones naturales de líquenes que se encuentren alejadas de fuentes de producción de residuos plásticos (ej., ciudades, basurales, áreas de uso agropecuario intensivo) deberían presentar niveles relativamente bajos de micropartículas plásticas acumuladas. Este podría ser el caso de las poblaciones naturales de los líquenes que son comercializados bajo el nombre de té de la piedra. La mayoría de estas especies presentan núcleos poblacionales alejados de las fuentes de producción de residuos plásticos. Un claro ejemplo es *U. amblyoclada*, una especie principalmente saxícola que crece en rocas expuestas asociadas a sistemas montañosos alejados de los grandes conglomerados urbanos (Rodríguez y Estrabou 2008). Sin embargo, la cadena de colecta, almacenamiento y comercialización podría incorporar cantidades significativas de partículas plásticas al té de la piedra. Flamini *et al.* (2018) indicaron que los habitantes de Valle Traslasierra (Córdoba, Argentina) recolectan "barba de la piedra" (*Usnea* sp.) en grandes bolsas de nylon para venderlas en herboristerías y acopiadoras. El uso de nylon para recolectar y acopiar *Usnea* sp. podría representar la primera fuente de partículas plásticas que se presenta en la cadena de comercialización del té de la piedra. Las rutas de comercialización, el embalaje y la venta serían otros puntos de incorporación de microplásticos al té de la piedra.

Frente al grado de desconocimiento asociado a la ocurrencia de partículas plásticas en el té de la piedra, en el presente artículo, se cuantificará el número de meso y micropartículas plásticas: (i) en suspensión derivada de las infusiones del té de la piedra y (ii) acumuladas en los talos.

Materiales y Métodos

Recolección de talos comerciales de Usnea sp.

Se adquirió té de la piedra mediante compra en tres locales del rubro herboristería pertenecientes al AMBA (Área Metropolitana de Buenos Aires). Estas herboristerías fueron denominadas con el nombre de la localidad donde se ubican: Luján, Gral. Rodríguez y Mercedes. En cada uno de estos locales se compró un total de 100 gramos del mencionado té. El rango de número de talos por herboristería (mínimo-máximo) fue de 186-250. De cada una de estas muestras se registró cuando fue posible: (i) ubicación geográfica de la herboristería, (ii) localidad de pertenencia original del material, (iv) material del envasado comercial del té (plástico o no plástico). Cada una de las muestras se almacenaron en sobres cerrados de papel aluminio hasta los análisis posteriores. Todos los talos utilizados correspondieron a la especie *U. amblyoclada*.

Infusión y digestión de talos

Infusiones. Mediante consulta directa a los comerciantes se determinó que, en la mayoría de sus formas de uso, las infusiones de té de la piedra se realizan con 1-2 talos de líquenes y se colocan en agua hirviendo (100 °C) durante 3-5 minutos. Basándose en la información suministrada seguimos un procedimiento similar, pero en condiciones controladas. Estandarizamos el número de talos a uno por infusión. El peso promedio de los talos utilizados en infusión fue de 0,12 gramos. Las infusiones se realizaron en vasos de precipitado (250 ml), con un volumen de agua

ultrapura Mili-Q ® previamente filtrada (Fisherbrand G6 [09-804-42A]: 1,6 µm). Se realizaron tres infusiones por herboristería. Todo el procedimiento (i) se realizó bajo flujo laminar para minimizar la contaminación ambiental y (ii) todo el material de laboratorio fue lavado con agua Mili-Q ® previamente filtrada (Fisherbrand G6 [09-804-42A]: 1,6 µm). Por otro lado, se realizó un control por cada infusión, para verificar que el agua Mili-Q ® utilizada en las infusiones no este contaminada con partículas plásticas y que no haya incorporación accidental de partículas plásticas en alguno de los puntos del procedimiento. Se dejó reposar 10 minutos cada una de las infusiones obtenidas. A posteriori, cada talo fue retirado con pinzas metálicas de su respectiva infusión.

Digestión de talos. Se escogieron al azar tres talos de las muestras obtenidas para cada una de las herboristerías. Estos talos fueron almacenados y debidamente rotulados dentro de sobres de papel aluminio hasta su posterior digestión. La digestión se realizó utilizando el protocolo utilizado por Loppi *et al.* (2021). Resumiendo, en el laboratorio, las submuestras de líquenes fueron secadas, se pesaron, se colocaron en vasos de cristal y se digirieron individualmente mediante un método de oxidación con peróxido húmedo (Masura *et al.* 2015).

Filtrado y cuantificación de meso y microplásticos. Siguiendo a Loppi *et al.* (2021), tanto las infusiones como los talos digeridos, se filtraron al vacío utilizando papeles de filtro de fibra de vidrio (Fisherbrand G6 [09-804-42A]: 1,6 µm). Se tiñó cada uno de los filtros con una solución de ferroína 0,02 N ($C_{36}H_{24}FeN_6O_4S$) con el objetivo de facilitar la distinción visual del material orgánico del sintético (ej., microplásticos). Los papeles de filtro teñidos se transfirieron a placas de Petri para su almacenamiento y posterior visualización. Siguiendo a Loppi *et al.* (2021) se observaron los filtros bajo Lupa Estereoscópica y se clasificaron en fibras y fragmentos.

Microscopia e identificación de meso y microplásticos. Se analizó la presencia de meso y microplásticos en los papeles de filtro utilizando un microscopio estereoscópico siguiendo un método de identificación visual de cinco criterios modificado (Roblin y Aherne 2020) aplicado a fibras y fragmentos. Se ha demostrado que la identificación de materiales plásticos de acuerdo con criterios estandarizados en relación con un examen estricto y conservador reduce la posibilidad de identificación errónea de la *partícula* (fibra o fragmento plástico). Los cinco criterios fueron: (i) tiene un color antinatural (ej., azul, rojo, verde, morado, negro, gris) en comparación con otras partículas adyacentes; (ii) parece homogénea en material y textura sin estructura celular visible o ramificaciones y, en el caso de las fibras, tiene un ancho constante en toda su longitud; (iii) permanece intacta y no es frágil cuando se comprime, tira o empuja con pinzas finas; (iv) tiene un aspecto brillante; y (v) existe un deshilachado limitado sin similitudes con las fibras naturales. Se recomienda que se cumplan al menos dos de los criterios para que una partícula se clasifique como partícula plástica (Roblin y Aherne 2020). Por otro lado, todos los meso y microplásticos se verificaron mediante la prueba de la aguja caliente. Aunque la prueba de la aguja caliente no se puede utilizar para identificar el tipo de polímero o identidad química, se acepta como una forma económica de verificar las partículas plásticas en función de su respuesta a una aguja caliente (Campbell *et al.* 2017, Silva *et al.* 2018). Si las partículas plásticas identificadas mediante los criterios visuales se fundían al exponerlas a la aguja caliente (Lusher *et al.* 2020) se confirmaba su identidad como meso o microplástico. Se registraron las siguientes variables para cada muestra y la totalidad de las muestras: número de partículas plásticas (i) acumuladas y en infusión, (ii) pertenecientes al morfotipo fibra y fragmento, (iii) que pertenezcan a categorías de tamaño cualitativas (meso-microplásticos) y cuantitativas (largo en µm) y (iv) color de partícula plástica. El largo en las fibras correspondió al largo total en micras de cada partícula. En el caso de los fragmentos correspondió a la longitud mayor registrado en la superficie visible del fragmento.

Cada partícula plástica fue fotografiada y su longitud medida utilizando el programa ImageJ ®. Finalmente, la identidad química de los microplásticos extraídos y aislados en una placa Petri de vidrio se realizó mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Debido a los límites operativos lícitos, el FTIR de microplásticos sólo se llevó a cabo para el 55,55 % de las partículas. En particular, los espectros IR se recogieron utilizando el espectrofotómetro Shimadzu IR Prestige 21 y el rango del espectro fue 4000-400 cm^{-1} (40 barridos, resolución espectral 4 cm^{-1}). La composición química de las partículas de polímero se identificó por comparación con la base de datos de espectros de referencia (biblioteca de instrumentos y https://www.effemm2.de/spectragryph/down_databases.html). La identificación se aceptó cuando al menos el 70 % de las frecuencias de pico correspondían en frecuencia al espectro de referencia.

Análisis estadístico

Se calculó el valor promedio y su respectivo desvío estándar para las variables cuantitativas bajo estudio.

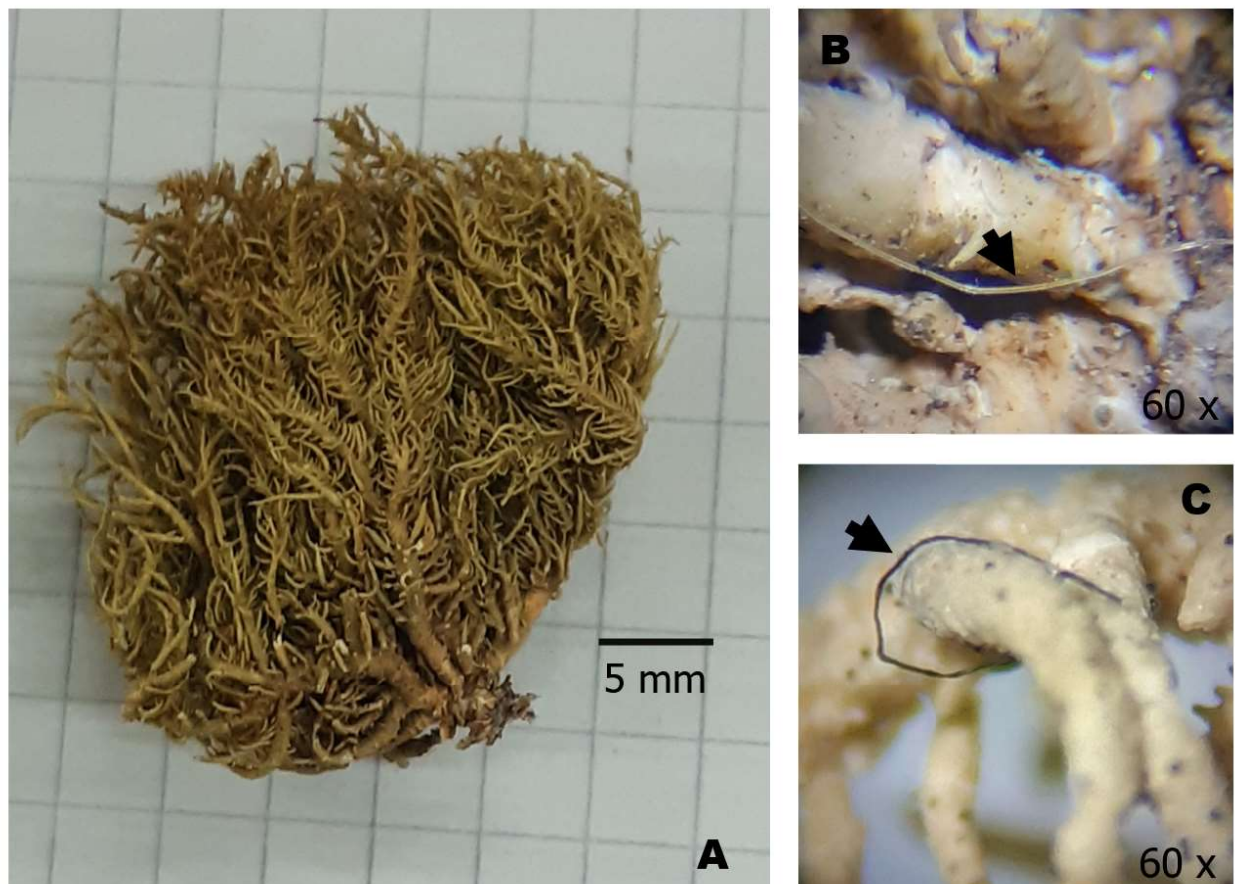


Fig. 1. Talo de *U. amblyoclada* (A) obtenido en una de las herboristerías. Fibras sin color (B) y negra (C) sobre las ramas del talo. Obsérvese la dificultad de detección a simple vista que plantean las fibras sin color. Las flechas señalan la ubicación de las fibras.

Resultados

Se registró (i) un total 90 partículas plásticas, (ii) un promedio de 10 partículas por muestra y (iii) un rango de 5-21 por muestra, (iv) un promedio de 3,56 partículas plásticas acumuladas y 6,44 depositadas en las infusiones, (v) un promedio de 5,11 partículas del morfotipo fibra y 4,11 para el morfotipo tipo fragmento, (vi) un promedio de 5,89 microplásticos y 3,33 para mesoplásticos y (vii) un largo promedio de 3822,76 μm . Se registraron las siguientes categorías de colores: azul, blanco, naranja, negro, rojo, verde y sin color (o translucido). La categoría de color más frecuente fue “sin color”. La información específica por herboristería se detalla en la Tabla 1. Respecto a la identidad química de las partículas plásticas, estas mostraron una coincidencia de más del 70 % respecto de las frecuencias de los picos de absorbancia, a excepción de dos partículas que mostraron una coincidencia de ~ 60 %. Las partículas identificadas fueron asignadas a los siguientes polímeros sintéticos (entre paréntesis número de partículas): Nylon 6 (33), Poliéster (13) y Polipropileno (2). En la Figura 2 se muestran ejemplos de espectros de absorción de cada uno de los polímeros.

Discusión

La capacidad de acumular microplásticos por parte de los líquenes fue demostrada, hasta la fecha, en una sola especie, *Flavoparmelia caperata* (Loppi *et al.* 2021). El presente trabajo demuestra, por primera vez, que el líquen *U. amblyoclada* es capaz de acumular partículas plásticas.

Las poblaciones naturales de *U. amblyoclada* se encuentran alejadas de áreas urbanas o fuentes de contaminación puntual dentro del territorio de la República Argentina (Rodríguez y Estrabou 2008). En ausencia de fuentes cercanas de producción de partículas plásticas, solo existen dos vías posibles a través de las cuales estas partículas podrían haber llegado a incorporarse a los talos: (1) dispersión a larga distancia e (2) incorporación en el circuito comercial. La primera vía es, tal vez, la más preocupante en términos de estrategias de mitigación. Las partículas plásticas pueden desplazarse distancias considerablemente grandes. Por ejemplo, Allen *et al.* (2019) sugieren una distancia de

Tabla 1. Resumen de la información obtenida de la extracción de las partículas plásticas en las muestras por herboristería (tres muestras por herboristería). Se muestra el promedio y desvío estándar del número de partículas pertenecientes a cada categoría. Por otro lado, se muestra el color más frecuente de partícula, y entre paréntesis (3) el porcentaje que representa. Referencias: (1) Microplásticos, (2) Mesoplásticos, (4) Cualitativo, (5) Cuantitativo, (6) Longitud en micras.

		Herboristería				
		Luján	Gral. Rodríguez	Mercedes	Total	
	Acumuladas	3,33 \pm 6,34	6,00 \pm 7,94	1,33 \pm 1,53	3,56 \pm 4,77	
	En infusión	6,67 \pm 3,32	9,00 \pm 2,65	3,67 \pm 1,15	6,44 \pm 3,40	
Morfotipo	Fibra	4,33 \pm 1,83	7,33 \pm 1,53	3,67 \pm 2,08	5,11 \pm 2,26	
	Fragmento	5,33 \pm 1,53	5,67 \pm 2,08	1,33 \pm 1,15	4,11 \pm 2,52	
Tamaño	Cuali ⁽⁴⁾	Micro ⁽¹⁾	8,00 \pm 1,00	7,33 \pm 2,52	2,33 \pm 0,58	5,89 \pm 3,02
		Meso ⁽²⁾	1,67 \pm 1,15	5,67 \pm 1,15	2,67 \pm 3,06	3,33 \pm 2,50
	Cuanti ⁽⁵⁾	Long ⁽⁶⁾	3802,81 \pm 9358,40	4225,12 \pm 5863,78	4678,07 \pm 6022,03	4159,42 \pm 7219,90
Color más frecuente⁽³⁾		Sin color (40,00 %)	Sin color (44,44 %)	Azul (53,33 %)	Sin color (42,22 %)	

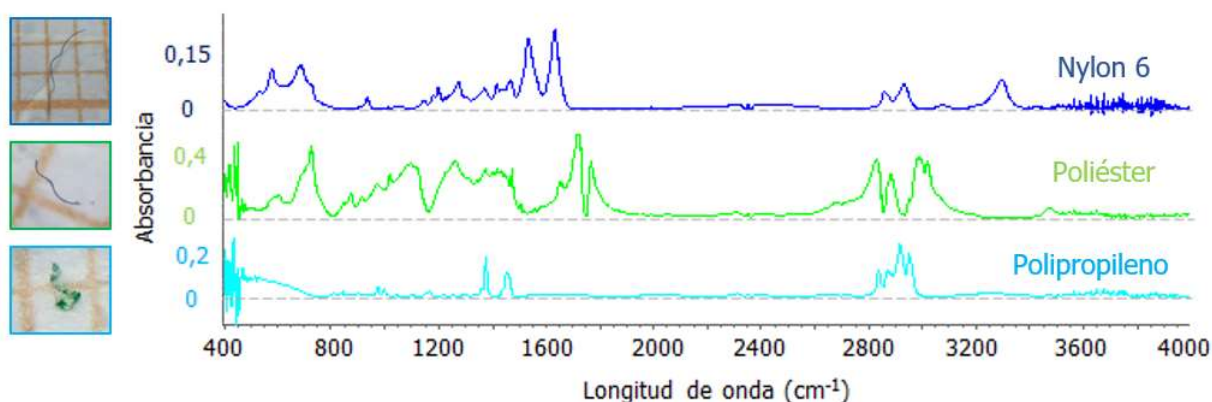


Fig. 2. Espectros de absorbancia correspondiente a tres partículas plásticas encontradas en las infusiones de *U. amblyoclada*. Los tres perfiles corresponden a los tres tipos de polímeros plásticos encontrados en las infusiones: Nylon 6, Poliéster y Polipropileno. A la izquierda de la imagen se pueden observar las partículas plásticas correspondientes. Las celdas que conforman la grilla de referencia al fondo de cada una de las partículas tienen un tamaño de 1 mm x 1 mm.

dispersión de microplásticos, mediada por el viento, de un máximo de 95 km. Por otro lado, en el marco del estudio del transporte a través de las masas de aire de microplásticos entre el continente y los océanos, González-Pleiter *et al.* (2020) demostraron que las partículas microplásticas son capaces de alcanzar distancias de al menos 100 km. Frente a la increíble capacidad de dispersión de las partículas plásticas no hay mucho que se pueda hacer, desde un punto de vista estratégico, para reducir su incorporación mediante la primera vía. Sin embargo, la segunda vía, permitiría incorporar alguna estrategia de mitigación. La incorporación de partículas plásticas en el circuito comercial parece una regla en muchos productos y, en particular, en las infusiones y bebidas. En estos casos es difícil reducir o limitar la incorporación de partículas plásticas producto de la constitución del envase. En la mayor parte de los casos, los envases son parcial o totalmente contruidos con polímeros sintéticos (plástico). Como ya hemos mencionado, se ha registrado la presencia de partículas plásticas en diferentes bebidas comerciales: ej., agua, cerveza, leche (Li *et al.* 2022) e incluso en infusiones de té (Hernández *et al.* 2019). En este último caso, la presencia de partículas plásticas (micro y nanoplásticos) esta directamente relacionada con el envase, ya que dichas partículas se desprenden de dicho recipiente (nylon y tereftalato de polietileno). Aunque no conozcamos en profundidad el circuito comercial y las potenciales fuentes de partículas plásticas en el mismo, a priori, podríamos asumir que parte de la incorporación de partículas plásticas a las muestras de *U. amblyoclada* provendría de las bolsas de colecta y almacenamiento ya que como menciona Flamini *et al.* (2018) los habitantes de Valle Traslasierra (Córdoba, Argentina) recolectan talos de *Usnea* sp. en grandes bolsas de nylon para venderlas en herboristerías y acopiadoras. Esto es coincidente con la alta proporción de partículas plásticas de nylon identificadas a través del método FTIR ($\sim 72\%$). Sin embargo, la presencia de partículas plásticas de poliéster y polipropileno sugiere que existen otras fuentes de incorporación en otros puntos del circuito de comercialización. Una de las herboristerías, la perteneciente al partido de Mercedes, presentaba los talos en envases cerrados de polipropileno. Las dos partículas de polipropileno registradas en el presente trabajo se encontraron en las infusiones derivadas de los talos obtenidos en esta herboristería. Por otro lado, el poliéster es la fibra plástica más común en las prendas de vestir y esta es, probablemente, la principal fuente de poliéster en nuestras muestras. Los resultados aquí presentados son la primera evidencia de la incorporación de microplásticos en los talos de *U. amblyoclada* y potenciales fuentes de incorporación en los

circuitos comerciales. Sin embargo, es necesario profundizar en el conocimiento de dichos circuitos para reconocer en mayor detalle las fuentes de partículas plásticas. Esta profundización permitirá proponer estrategias de mitigación.

El problema principal asociado a la presencia de partículas plásticas en las infusiones de *U. amblyoclada* está representado por la ingesta de estas partículas. Derivado de consulta a los dueños de las herboristerías, resulta que un consumidor frecuente de té de la piedra, comprará por año aproximadamente unos 50 gramos de té de la piedra. Esto representa un consumo de más de 1000 partículas plásticas por año. Incluso con un consumo repartido entre cuatro personas por hogar, el rango de incorporación de partículas plásticas será de aproximadamente 300-400 partículas plásticas por año. Aunque los valores de partículas microplásticas promedio por infusión ($\sim 5,9$ cada 250 ml de infusión) son bajos comparados con los encontrados en bebidas como el vino ($\sim 664 - 1464$ cada 250 ml, Prata *et al.* 2020), resultan similares a los encontrados en algunas bebidas comercializadas en botellas plásticas retornables (7 - 60 cada 250 ml, Schymanski *et al.* 2018). El consumo frecuente del té de la piedra podría incorporar cantidades significativas de partículas plásticas al cuerpo de los consumidores. Por otro lado, las partículas sin color fueron las más frecuentes, excepto en el caso de las muestras pertenecientes a Mercedes. Teniendo en cuenta que estamos frente a un producto de consumo (té de la piedra) es preocupante que las partículas más frecuentes sean aquellas que no pueden individualizarse a simple vista. En general, el té de la piedra, no se lava o limpia antes de ser utilizado para realizar infusiones. Los talos son retirados de sus empaques originales y utilizados sin proceso de limpieza. Algunas de las fibras encontradas en las muestras superaron las 5 mil micras de longitud (5 mm). Estas fibras serían rápidamente visualizadas por los consumidores y, probablemente, extraídas antes de su utilización. Sin embargo, las partículas sin color son transparentes al ojo humano y, por lo tanto, de difícil detección. El caso de las muestras provenientes de la herboristería de Mercedes, fue especial, ya que fue la única herboristería que comercializa su producto en envase cerrado de polipropileno. Las herboristerías restantes reciben el material en bolsas de celulosa de 5-10 kilos y las comercializan fraccionando el contenido según pedido del cliente en bolsas de celulosa más pequeñas. Frecuencias altas de partículas plásticas sin color ya han sido registradas en otros productos de consumo humano (Bai *et al.* 2022). Esto es, potencialmente, un grave problema para la salud humana. Aunque los efectos de la ingesta de microplásticos aun no son totalmente conocidos, existe cada vez mayor evidencia de su existencia. Consideremos algunos ejemplos: Schirizzi *et al.* (2017) demostraron que la exposición a microplásticos puede inducir una elevada producción de especies reactivas de oxígeno en células humanas cerebrales y epiteliales; Chiu *et al.* (2015) demostraron que la exposición de macrófagos y cultivos de células epiteliales de pulmón a microplásticos causa muerte celular autofágica; Patra *et al.* (2020) proponen que la ingesta de microplásticos podría modificar la microbiota intestinal humana. Las diferentes vías de incorporación de microplásticos a través de la ingesta de productos alimenticios, incluyendo el té de la piedra, debe ser exploradas en mayor profundidad, ya que podría conducir a problemas en la salud humana.

En definitiva, el presente artículo, demuestra que (i) *U. amblyoclada* es capaz de acumular microplásticos y que (ii) la utilización del té de la piedra para la realización de infusiones puede incorporar en el cuerpo niveles preocupantes de partículas plásticas por año. Esto hace imprescindible realizar estudios más profundos relacionados a la cadena de cosecha, almacenamiento y comercialización del té de la piedra en la República Argentina, así como la caracterización polimérica de las partículas plásticas, con el fin de mejorar el entendimiento de dichas cadenas y sus orígenes.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Nacional de Luján por proveer la infraestructura para poder llevar a cabo el presente trabajo.

Referencias

- ALLEN, S., ALLEN, D., PHOENIX, V. R., LE ROUX, G., DURÁNTEZ JIMÉNEZ, P., SIMONNEAU, A. & GALOP, D. (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience* **12(5)**: 339–344.
- BAI, C. L., LIU, L. Y., GUO, J. L., ZENG, L. X. & GUO, Y. (2022). Microplastics in take-out food: Are we over taking it? *Environmental Research* **215(3)**: 114390.
- CAMPBELL, S. H., WILLIAMSON, P. R. & HALL, B. D. (2017). Microplastics in the gastrointestinal tracts of fish and the water from an urban prairie creek. *Facets* **2(1)**: 395–409.
- CHIU, H. W., XIA, T., LEE, Y. H., CHEN, C. W., TSAI, J. C. & WANG, Y. J. (2015). Cationic polystyrene nanospheres induce autophagic cell death through the induction of endoplasmic reticulum stress. *Nanoscale* **7(2)**: 736–746.
- CONTI, G. O., FERRANTE, M., BANNI, M., FAVARA, C., NICOLOSI, I., CRISTALDI, A., FIORE, M. & ZUCCARELLO, P. (2020). Micro- and nano-plastics in edible fruit and vegetables. The first diet risks assessment for the general population. *Environmental Research* **187**: 109677.
- CRAWFORD, S. D. (2019). Lichens used in traditional medicine. In: RANKOVIĆ, B. (ed.) *Lichen secondary metabolites*: 31–97. Springer, Cham.
- FLAMINI, M., SUÁREZ, M. E., & ROBLEDO, G. (2018). Hongos útiles y tóxicos según los yuyeros de La Paz y Loma Bola (Valle de Traslasierra, Córdoba, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* **53(2)**: 1–10.
- GALLOWAY, T. S. (2015). Micro- and nano-plastics and human health. In: BERGMANN, M.; GUTOW, L. & KLAGES, M. (eds.) *Marine anthropogenic litter*: 343–366. Springer, Cham.
- GONZÁLEZ-PLEITER, M., VELÁZQUEZ, D., EDO, C., CARRETERO, O., GAGO, J., BARÓN-SOLA, Á. & FERNÁNDEZ-PIÑAS, F. (2020). Fibers spreading worldwide: Microplastics and other anthropogenic litter in an Arctic freshwater lake. *Science of the Total Environment* **722**: 137904.
- HERNANDEZ, L. M., XU, E. G., LARSSON, H. C., TAHARA, R., MAISURIA, V. B. & TUFENKJI, N. (2019). Plastic teabags release billions of microparticles and nanoparticles into tea. *Environmental science & technology* **53(21)**: 12300–12310.
- HERNÁNDEZ, M. P., CIVITELLA, S. M. & ROSATO, V. G. (2010). Uso medicinal popular de plantas y líquenes de la Isla Paulino, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* **9(4)**: 258–268.
- ILLANA-ESTEBAN, C. (2012). Líquenes usados en medicina tradicional. *Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid* **36**: 163–174.
- KARAMI, A., GOLIESKARDI, A., CHOO, C. K., LARAT, V., KARBALAEI, S. & SALAMATINIA, B. (2018). Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats. *Science of the Total Environment* **612**: 1380–1386.
- LI, Y., PENG, L., FU, J., DAI, X. & WANG, G. (2022). A microscopic survey on microplastics in beverages: the case of beer, mineral water and tea. *Analyst* **147(6)**: 1099–1105.
- LOPPI, S., ROBLIN, B., PAOLI, L. & AHERNE, J. (2021). Accumulation of airborne microplastics in lichens from a landfill dumping site (Italy). *Scientific reports* **11(1)**: 1–5.
- LUSHER, A. L., WELDEN, N. A., SOBRAL, P. & COLE, M. (2017). Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Analytical Methods* **9**: 1346.
- MASURA, J., BAKER, J., FOSTER, G. & ARTHUR, C. (2015). *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments*. Silver Spring, NOAA Marine Debris Division.
- PRATA, J. C., DA COSTA, J. P., LOPES, I., DUARTE, A. C. & ROCHA-SANTOS, T. (2020). Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Science of the total environment* **702**: 134455.
- ROBLIN, B. & AHERNE, J. (2020). Moss as a biomonitor for the atmospheric deposition of anthropogenic microfibrils. *Science of The Total Environment* **715**: 136973.
- RODRIGUEZ, J. M. & ESTRABOU, C. (2008). *Usnea amblyoclada* «Barba de piedra» (Ascomycetes liquenizados) en Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* **43(3-4)**: 221–225.
- SCHIRINZI, G. F., PÉREZ-POMEDA, I., SANCHÍS, J., ROSSINI, C., FARRÉ, M. & BARCELÓ, D. (2017). Cytotoxic effects of commonly used nanomaterials and microplastics on cerebral and epithelial human cells. *Environmental Research* **159**: 579–587.

- SCHYMANSKI, D., GOLDBECK, C., HUMPF, H. U. & FÜRST, P. (2018). Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: release of plastic particles from different packaging into mineral water. *Water research* **129**: 154–162.
- SILVA, A. B., BASTOS, A. S., JUSTINO, C. I., DA COSTA, J. P., DUARTE, A. C. & ROCHA-SANTOS, T. A. (2018). Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry-A review. *Analytica chimica acta* **1017**: 1–19.
- ZHANG, C., WANG, S., PAN, Z., SUN, D., XIE, S., ZHOU, A. & ZOU, J. (2020). Occurrence and distribution of microplastics in commercial fishes from estuarine areas of Guangdong, South China. *Chemosphere* **260**: 127656.