



FACULTAD DE FARMACIA

Grado en Farmacia

PRESENCIA E INCIDENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN PRODUCTOS DE HIGIENE PERSONAL O COSMÉTICOS

Memoria de Trabajo Fin de Grado

Sant Joan d'Alacant

Enero 2021

Autor: Marina García Gómez

Modalidad: Revisión bibliográfica

Tutor/es: Marta González Álvarez y M^a Isabel González Álvarez

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| ÍNDICE | 2 |
| RESUMEN | 3 |
| ANTECEDENTES | 4 |
| Efecto de los microplásticos en el medio ambiente | 12 |
| OBJETIVOS | 16 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 17 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 18 |
| 1. Cosméticos con microplásticos y tipos de microplásticos incluidos | |
| 18 | |
| 2. Estimación de la emisión de microplásticos al medio ambiente | 30 |
| 3. Alternativas al uso de microplásticos | 33 |
| CONCLUSIONES | 35 |
| AGRADECIMIENTOS | 36 |
| REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA | 36 |



RESUMEN

Los productos cosméticos comercializados en la actualidad contienen partículas de lo que se conoce comúnmente como microplásticos. En los últimos años ha surgido un movimiento ecologista fuerte en contra del uso de estos productos en preparaciones de cosmética denunciando el grave daño que puede suponer en la fauna marina, ante la posibilidad de que entre en la cadena trófica y actúe como disruptor endocrino en las especies más expuestas, y el riesgo que puede llegar a suponer para la salud de la población humana si se ingieren. La presencia e incidencia en productos tales como exfoliantes o limpiadores de uso diario ha resultado ser muy elevada, mayormente en la partícula ampliamente usada de polietileno. Lo que supone la emisión anual de varias toneladas de estos polímeros a las aguas residuales por parte de los países que más los consumen. La necesidad de regular este mercado y de prohibir dichos componentes aumenta con cada año, y la industria debe adaptarse virando su producción hacia ingredientes más sostenibles, utilizando productos de origen natural y que puedan biodegradarse.

ANTECEDENTES

El jueves 13 de septiembre de 2018 se aprobó en el Parlamento Europeo una resolución (1) en la que se instaba a los países miembros a llegar a una normativa común, en lo que respecta a la prohibición del uso de polímeros añadidos a preparados cosméticos. Esto se debió en parte a la prohibición que algunos países (como Reino Unido, que aún se encontraba entre los estados miembros) estaban empezando a promover. Lo que amenazaba con romper la homogeneidad en el mercado común. En el artículo 43 de este texto se pedía que durante 2020 se prohibieran los microplásticos en cosméticos y productos de higiene personal, y que se tuvieran en cuenta las alternativas viables.

Bien, la Unión Europea usa la definición de microplástico que tiene mayor aceptación, considerando microplásticos a aquellas partículas de distintos polímeros insolubles que tengan un tamaño menor a 5nm. Distingue entre dos tipos: los primarios, que proceden de fórmulas cosméticas y productos de higiene personal, los residuos de lavados de prendas de ropa sintéticas, o del desgaste de algunos productos como neumáticos. Mientras que los secundarios, son el producto final de la descomposición de otros artículos de mayor tamaño. Como los “famosos” plásticos de un solo uso (bolsas, vasos de plástico...). Para responder a la necesidad de los países de normativas claras, la comisión encargada de elaborar el texto se basó en las presentaciones que distintos grupos ecologistas han hecho a lo largo de los últimos años.

Los principales grupos ecologistas en Europa han expuesto los siguientes datos sobre el aumento de la contaminación de océanos y mares por microplásticos y cómo esto afecta tanto a la fauna marina, como a los humanos de forma indirecta. Y que es el principal motivo para motivar futuras prohibiciones de estos compuestos. Desde *Greenpeace*, basándose en el estudio Nelms et al. (2) publicado en 2019 nos hablan de lo trágico que es para la vida marítima y para sus habitantes el aumento de la presencia de polímeros en sus aguas. En el estudio mencionado, expone los resultados del análisis que se realizó sobre todos los especímenes mamíferos hallados muertos en aguas británicas o que vararan entre los años 2011-2017 y en los que se describe que todos ellos tenían

al menos un tipo de partículas de origen sintético en su interior. En él se realiza un estudio de correlación entre la presencia de estos microplásticos y la causa de la muerte, en el que se refleja que los animales que murieron de enfermedades infecciosas tenían mayor presencia de microplásticos que los que murieron de causa traumática, y ésta a su vez mayor que los que murieron por otras razones.

En el caso de *Ecologistas en Acción* presentan el informe Rojo et al 2019 (3) que es una revisión bibliográfica de más de 300 estudios sobre las basuras marinas, y que detalla qué son, de qué se componen y cómo afectan a la vida tanto de la fauna marítima, cómo la vida humana. En este informe se puede leer que las sustancias que se conocen como microplásticos son el principal componente de las basuras marítimas. Se indica que la mayor parte de estas basuras proceden del medio terrestre, aunque en torno a un 20% entra directamente desde el mar, mayoritariamente vienen de utensilios de pesca. En este elaborado informe se describen los microplásticos primarios de forma más detallada. Los define como aquellos que ya son manufacturados con un tamaño microscópico. Hace especial hincapié en las microesferas que se utilizan en productos cosméticos para conseguir determinadas presentaciones. El problema es cuando éstas llegan al mar a través del sistema de alcantarillado, después de que sorteen los diferentes sistemas de tratado de aguas.

Se han encontrado microplásticos en la inmensa mayoría de los hábitats acuáticos del planeta. En el Mediterráneo se calcula que el 80% de la basura marina está compuesta por partículas poliméricas. Esto repercute directamente sobre los habitantes de estas cuencas al introducirse en la cadena trófica y pudiendo llegar hasta nuestros platos.



IMPACTO DE LOS MICROPLÁSTICOS PROCEDENTES DE PRODUCTOS COSMÉTICOS EN LA CADENA TRÓFICA

Productos de higiene personal y cosmética que pueden contener microplásticos: Dentífricos, Exfoliantes, Gel de ducha, Champú, Lociones bajo la ducha, Suavizantes para el pelo...



Puede llevar a tres finales, todos ellos trágicos:

- Grandes mamíferos, pueden llevar a su muerte.
- Aves marinas lo que produce desnutrición por falta de otros alimentos que puede derivar en su muerte.
- A través de los peces grandes puede acabar en nuestra mesa, como alimento.

Imagen 1: Esquema de la entrada de microplásticos en la cadena trófica. Imagen dibujada para este trabajo por Ángel B García.

Como vemos en la Imagen 1 los polímeros entran en la cadena trófica a través de la ingestión de los mismos por parte de los eslabones inferiores, que pueden ingerirlos tras confundirlos con su alimento, donde la estrategia de

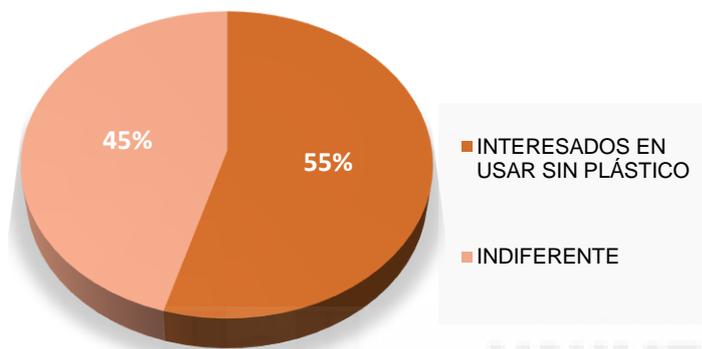
alimentación de las distintas especies juega un papel fundamental para la ingesta de estos productos. Que se produzca esta ingesta deriva en dos situaciones ambas igualmente perjudiciales. Una, los múltiples problemas de salud que acarrearán las especies que los ingieren, llegando a suponer la muerte a muchos de ellos, y la otra, que, a través de la cadena trófica, esta acumulación de microplásticos llegue a ser ingerida a través de la caza de presas más pequeñas por especies mayores que terminan en “nuestros platos”. Lo que se sabe que ya está sucediendo.

Aunque se calcula que el porcentaje de los microplásticos originarios de productos cosméticos que terminan provocando los susodichos desastres es inferior a los microplásticos de origen secundarios, se tiene poco conocimiento sobre el impacto real de estos productos, y por ello, se pide aumentar la investigación sobre esto. Por último, desde *WWF*, en su informe Alessi et al (4) publicado en 2018, se incluye en las recomendaciones a escala nacional para salvar el Mediterráneo, la prohibición del uso de microesferas de plástico en los productos de consumo como cosméticos y detergentes, así como recomienda a los consumidores revisar y evitar el uso de productos que contengan polietilenos, polipropileno o cloruro de polivinilo.

Ante la amenaza de la prohibición por parte de los organismos competentes y el aumento de concienciación por parte de la población respecto a este tema, muchas marcas están ajustando su producción a fórmulas que no requieran el uso de microesferas de plástico. Debería tenerse presente que el mercado cosmético en la Unión Europea es el más grande del mundo, contando con un volumen de ventas en el año 2019 de 78.600 MM de € según STANPA (Asociación nacional de perfumería y cosmética) (5) por lo que es fundamental el trabajo que están realizando los distintos laboratorios europeos para adaptarse a las nuevas necesidades.

Volviendo a lo mencionado antes en torno a la concienciación de la población respecto al uso de nanomateriales de origen plástico en formulaciones con fines cosméticos se realizó una pequeña encuesta, en la que se valoraba la creciente preocupación por parte de los usuarios sobre el uso de productos cosméticos y de higiene personal que contuvieran plásticos.

ENCUESTA SOBRE USO DE MICROPLÁSTICOS EN COSMÉTICA



Se encuestó un total de 99 personas de las cuáles un 55% del total dijo estar interesada en dejar de usar productos cosméticos que contuvieran partículas de plástico.

Gráfico 1: Porcentaje de interesados en dejar de usar productos que contengan polímeros. Datos obtenidos de encuesta propia.

INFORMACIÓN SOBRE MICROPLÁSTICOS

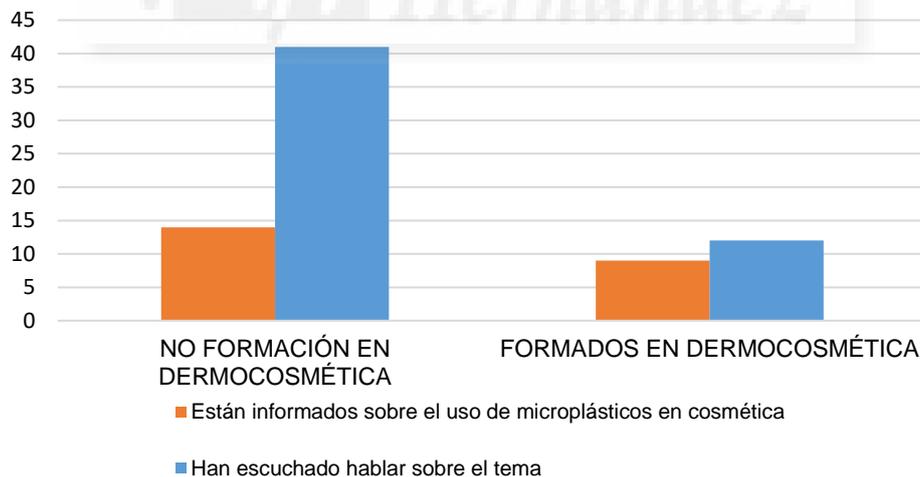


Gráfico 2: Datos sobre conocimiento del uso de sustancias de origen polimérico en cosmética separados entre profesionales y consumidores.

INTERESADOS EN DEJAR DE USAR PRODUCTOS QUE CONTENGAN MICROPLÁSTICOS

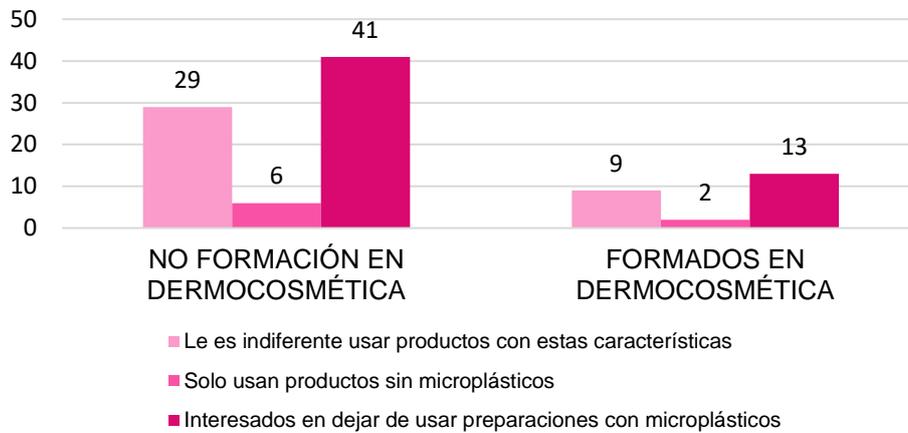


Gráfico 3: Porcentaje de consumidores y profesionales que están interesados en los productos libres de silicona, y quiénes han dejado de usarlos.

Para tener una visión mayor, se separa entre los profesionales formados en dermocosmética y los simples consumidores sin formación. Dentro del total de los encuestados (N=99), el 53% de ellos ha escuchado hablar del tema (un total de 53 personas), mientras que el 23% afirma estar informado sobre el uso de estos componentes. En el Gráfico 2 vemos dichos resultados desglosado entre profesionales y consumidores sin formación cosmética. Siendo 41 el número de no profesionales que han oído hablar del tema un y 14 los que creen que están informados al respecto. Mientras que entre los profesionales se repite el patrón de ser mayor el número de los que han escuchado hablar del tema (12) que los que están realmente informados (9).

De esas 76 personas, 54 (71%) muestran interés en la posibilidad de dejar de usar productos que contengan estos contaminantes, y manifiestan buscar productos que no los contengan, mientras que 8 de ellas (10%) afirman no usar productos con contenido plástico (Gráfico 3). Como se puede observar, en ambos grupos, tantos profesionales como consumidores la opción de intentar cambiar sus productos a una opción más sostenible es mayoritaria. Esta pequeña encuesta da una idea sobre el futuro que tiene la producción de cosmética más respetuosa con el medio ambiente, que es claramente de tendencia creciente. Lo que justificaría la inversión de la industria dermocosmética para conseguir preparaciones de alta calidad sin necesidad de

usar componentes de origen polimérico y así adaptarse a las futuras restricciones, así como a la tendencia hacia la cosmética ecológica que emerge en Europa.

Por tanto, sabiendo que la cosmética ecológica tiene futuro de mercado y partiendo de esta petición de prohibición del uso de microplásticos en productos cosméticos o de higiene personal, por parte de los estados miembros de la Unión Europea, se realizará una revisión bibliográfica sobre la incidencia de la presencia de los microplásticos en los preparados de higiene y cosmética presentes en nuestra rutina diaria.

En primer lugar, debemos tener en cuenta, ¿qué son los microplásticos y por qué debe la industria cosmética dejar de incluirlos en sus productos?

Como se ha comentado con anterioridad, la Unión Europea acepta la definición de microplásticos, de la ECHA (European Chemical Agency) (6), que dice que microplástico es aquella partícula sólida, de menos de 5mm, utilizado en productos de consumo humano y que está formado en parte o en su mayoría por polímeros sintéticos insolubles en agua y no biodegradables en el medio acuático o medio ambiente.

Respecto a los polímeros, la ECHA, en la normativa europea N° 1907/2006 (7), los describe como complejos macromoleculares compuestos por varias secuencias de unidades de monómeros.

Su producción se consigue como resultado de la condensación o adición de monómeros. A pesar de que la era de los plásticos empezó en la segunda mitad del siglo XIX, es a partir de los años 30 que empiezan a producirse poliamidas, polivinilos y polietileno. Los cuáles son nuestro objeto de estudio.

La razón por la cual llegan a los ríos y los mares, es que se trata de compuestos de menor densidad que el agua y con propiedades hidrófobas. Por lo que no se disuelven y son arrastrados hasta los océanos.

Como recoge Godoy et al (8) la mayoría de los autores consideran que los microplásticos más usados en cosmética son: polietileno (PE), polipropileno

(PP), tereftalato de polietileno (PET), metacrilato de polimetilo (PMMA) y fibras de nylon. Las estructuras de estos polímeros se recogen en la tabla 1.

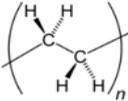
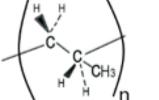
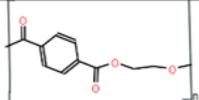
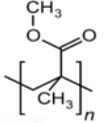
| Polímero | Nomenclatura | Características | Densidad (g/cm ³) | Fórmula molecular | Estructura |
|----------------------------|--------------------------------------|--|--|---|--|
| Polietileno | Polietileno o poli(metileno) (PE) | Polímero más simple | Baja densidad: 0,91-0,93 Alta densidad: 0,94-0,97 | (CH ₂ -CH ₂) _n |  |
| Polipropileno | poli(1-metiletileno) | Polímero termoplástico, parcialmente cristalino. | 0,85-0,94 | -(C ₃ H ₆) _n |  |
| Tereftalato de polietileno | 4-acetilbenzoato de 2-metoxietileno | Termoplástico lineal. Alto grado de cristalinidad. | 1,34-1,39 | (C ₁₀ H ₈ O ₄) _n |  |
| Metacrilato de polimetilo | Poli(metil-2-metilpropenoato) (PMMA) | Termoplástico transparente. | 1,18 | (C ₅ O ₂ H ₈) _n |  |
| Nylon 12 | Poli (dodecano-12-lactama) | Fibra elástica y resistente. | 1,01 | (C ₁₂ H ₂₃ NO) _n |  |

Tabla 1 Características de los principales polímeros contenidos en cosméticos. Densidad: Freshwater Microplastics (9) Fórmulas dibujadas para este trabajo adaptadas del blog Tecnología de los plásticos (10) Características sacadas de la ECHA (6)

El PE constituye el 93% del plástico encontrado en productos de la industria cosmética. Este polímero, que es el más sencillo que existe, lo podemos encontrar como dos moléculas distintas polietileno de baja densidad y el de alta densidad, tiene un coste muy bajo por lo que supone una gran ventaja al añadirlo en las preparaciones. Como se comenta arriba, se trata de una molécula hidrófoba, que puede tardar cientos de años en biodegradarse.

La UE se basa en el informe GESAMP 2016 (11) elaborado por delegados de 160 países, donde recogen las experiencias de los artículos Rochman et al. (12) realizado en 2013 y Rochman et al. (13) llevado a cabo en 2014, dónde se describe que una exposición significativa a polietileno en peces (durante 2 meses), podía derivar en estrés hepático, depleción de glucógeno, muerte celular, e incluso podía llegar a producir actividad tumoral en el caso del estudio

realizado en 2013. En el año posterior, determinaron que la exposición a polietileno mostró signos de disrupción endocrina. Esto podía explicarse debido a los cambios en la expresión genética y al crecimiento anormal de las células gonadales observado.

Como se comenta en el estudio de Piotrowska et al. (14) publicado en el año 2020, los microplásticos pueden acumular metales pesados como plomo, cadmio o cromo, lo que implicaría que, al ser ingerido por organismos vivos, existiría un riesgo elevado de toxicidad. Recordemos que la ingestión de plomo de forma crónica en humanos puede conllevar a efectos sobre el SNC (encefalopatía saturnina), trastornos hematológicos (anemia microcítica hipocrómica), renales y cardiovasculares. Y que la exposición de forma continuada a cadmio puede causar daños renales y proteinuria, pulmonares (neumonitis y pérdida de capacidad ventilatoria) y osteomalacia. En cuanto al consumo de cromo, puede derivar en vómitos, anemias y a largo plazo daños neurológicos. Por lo que, si llegara a nuestros platos presente en los microplásticos ingeridos por pescados, pondría en serio riesgo nuestra salud.

En el mismo artículo, se recoge que los microplásticos presentes en medios marinos, pueden actuar como hábitat para bacterias patógenas. Existiendo la posibilidad de provocar infecciones graves en los huéspedes que ingieran estas partículas.

Dado que los productos cosméticos son una fuente de microplásticos al medio ambiente en este trabajo se va a analizar la presencia de microplásticos en este tipo de productos y el impacto que puede tener en nuestro entorno.

Efecto de los microplásticos en el medio ambiente

Después de varios años de lucha ecologista intentando atraer la atención sobre el asunto de las basuras marinas, se han realizado varias investigaciones sobre el efecto real que la presencia de compuestos derivados del petróleo en el medio marítimo tiene.

Volviendo a lo que se ha comentado en la introducción, el mayor peligro que suponen la presencia de polietileno (presencia mayoritaria), PP, PET, PMMA,

Nylon, y en algunos países PVC y poliestireno en los océanos, es la posibilidad de que entren en la cadena trófica. Las partículas mencionadas, pueden ser arrastradas por las corrientes y desplazarse a través de cualquier océano. Por eso es tan importante que la prohibición sea global, porque las corrientes marinas no entienden de fronteras acuáticas. Cuando estas sustancias empiezan a formar parte de las columnas de agua, se convierten en parte de la biota marina. Entrarán en la cadena de alimentación por los eslabones más pequeños de la misma, que lo confundirán con los bentos. Una vez que ha entrado, las especies más grandes van comiéndose a las más pequeñas. A nivel de los organismos pequeños y medianos que pueden ingerir estos plásticos confundiéndolos con sus alimentos, los daños observados son los recogidos en la Tabla 2.

| Nivel molecular/celular | | Nivel tisular | | Órganos | | | |
|--|--|---|---|--|--|--|--|
| | Organismos | | Organismos | | Organismos | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Daño en el DNA y en la expresión génica. | Equinodermos Bivalvos Peces | <ul style="list-style-type: none"> Daño tisular. | Peces | <ul style="list-style-type: none"> Alteración del proceso respiratorio. Alteración de la alimentación. | Anélidos Crustáceos Bivalvos | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Estrés celular y alteración en el metabolismo. | | Anélidos Equinodermos Bivalvos Peces | | <ul style="list-style-type: none"> Transferencia a tejidos. | Crustáceos Mejillones Peces | <ul style="list-style-type: none"> Desarrollo y reproducción alterados. |
| | | | | <ul style="list-style-type: none"> Cambio de comportamiento. | | Peces | |
| | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Aumento de la mortalidad | Crustáceos Bivalvos Peces |
| | | | | | | | |

Tabla 2: alteraciones observadas en fauna acuática tras exposición continuada a microplásticos. Tabla adaptada del libro Freshwater Microplastics (9)

En 2020 en la revisión llevada a cabo por la División de Respuesta a Emergencias, Administración oceánica y Atmosférica (NOAA) de Washington (15) en colaboración con otros organismos, resume la presencia de microplásticos en tractos de fauna marina desde invertebrados a aves que se han ido observando en los últimos años.

- **Invertebrados y peces:**

En 2019 Abidli et al (16) midieron las concentraciones presentes en 6 tipos de moluscos (*Mytilus galloprovincialis*, *Ruditapes decussatus*, *Crassostrea gigas*, *Hexaplex trunculosa*, *Bolinus brandaris* and *Sepia officinalis*) de Bizerte (Túnez) de microplásticos, las concentraciones resultaron ser de entre 700-1400 partículas/kg de peso del molusco. La mayor parte de las partículas encontradas en todas las especies fueron fibras que tras un análisis confirmaron ser polietileno y polipropileno.

También en dicha revisión, expresaron los datos recogidos en china en el año 2019 por Teng et al (17) en los que documentaron la presencia de microplásticos en el 84% de ostras de cultivo estudiadas. Los autores, midieron un promedio de 2,93 partículas de plástico por individuo. En su amplia mayoría fueron nuevamente fibras. Además, el mismo año se seleccionaron algunos peces y ostras del mar Maowei, también en China, por Zhu et al (18) y se vio que la presencia en tractos gastrointestinal y branquias de peces y ostras era de 2-14 partículas/ individuo en GI mientras que de 0-0,85 partículas/ individuo en las branquias en peces, y de 3,2 a 8,6 partículas por ostras.

Si nos guiamos por lo experimentos que se realizaron por Rochman et al (12) (13) (19) en los que se basó el informe GESAMP (11), recogen la realización de experimentos de exposición a peces a contaminantes plásticos, entendemos, que la ingesta crónica de estos compuestos termina produciendo disrupción endocrina con alteración en la expresión de los genes tanto de los machos como de la hembras de la especie *medaka* (13) y estrés hepático (12). Además de todos los daños recogidos en la Tabla 2 lo que podrían en gravísimo riesgo la supervivencia de muchas especies menores, así como el peligro que podría llegar a representar para los humanos su ingesta.

- **Aves marinas, tortugas y mamíferos marinos:**

La mayor parte de los estudios realizados en las grandes especies marítimas han encontrado restos de plásticos en sus tractos gastrointestinales, pero debido a su tamaño suele ser plásticos de origen secundario y muchos originarios de la

pesca. Esto no nos haría descartar la presencia de partículas más pequeñas que hayan podido ser ingeridas a través de la caza de presas pequeñas que han ingerido las microesferas al confundirlas con los bentos. Tenemos varios casos recogidos en la revisión de NOAA (15).

El análisis de nueve especies de aves marina (N=222) en el Índico occidental realizado por Cartraud et al (20), mostró que todas las especies contenían plásticos en sus tractos digestivos, siendo la prevalencia más alta en pardelas tropicales (*Puffinus bailloni*) que era del 79%. En Brasil se encontraron fibras de plástico en las 24 necropsias realizadas a ostreros comunes americanos (*Haematopus palliatus*) por Rossi et al (21), siendo las fibras y los pellets los más prevalentes. Esto nos aporta un dato interesante, ya que, si recordamos, se ha comentado en el apartado anterior, que el análisis de ostras asiáticas mostraba grandes cantidades de presencia de microplásticos. Si estas aves se alimentan mayoritariamente de ostras y otros invertebrados marinos, aprovechando las mareas bajas, no podemos descartar la posibilidad de se haya producido una acumulación por ingesta de éstos.

En cuanto a las tortugas marinas, la Unión Europea ha propuesto la tortuga boba (*C. caretta*) como indicador de la contaminación en el mar Mediterráneo, después de que Matidi et al (22), publicara un protocolo para cuantificar la cantidad de basura ingerida por tortugas, para ayudar a los grupos a realizar evaluaciones según el estándar de la UE. Ese mismo año Domenech et al (23) cuantificaron los desechos ingeridos por *C. caretta* en el Mediterráneo occidental con el fin de proporcionar una comparación con la métrica enumerada por la UE. Se encontró que el 71% de las tortugas testeadas entre 1995 y 2016 contenían desechos plásticos. Por último, los mamíferos marinos, pueden ingerir las fibras de plásticos directamente de las piezas grandes que se encuentran, bien sea de forma involuntaria o al confundirlas con alimento. O a través de la ingesta de especies inferiores ya contaminadas. Esto quedó ampliamente recogido en el artículo Nelms et al (2) en el que se basaba *Greenpeace* y otros autores de revisiones, publicado en 2019, donde analizaban las necropsias a todos los mamíferos marinos encontrados en las costa de Reino Unido en los últimos años. Se recogen las autopsias de un total de 50 individuos de 10 especies diferentes

de las subespecies cetáceas y pinnípedas. Todos y cada uno de los animales analizados, resultaron tener al menos un tipo de molécula sintética (la media establecía 5,5 partículas/animal) todas ellas microplásticos de tamaños menores a 5nm (84% fibras 16% fragmentos), solo un ejemplar joven del delfín común resulto contener macroplásticos.

Cuando se intentó establecer una correlación entre la presencia de microplásticos en el tracto gastrointestinal y la causa de la muerte, pudo observarse que la concentración de microplásticos era mucho mayor en aquellos ejemplares que habían fallecido de una enfermedad infecciosa. Debido a la dieta de estos animales, se estableció que las partículas debían estar presentes en las presas ingeridas, y aunque no pudo demostrarse el impacto real en el fallecimiento de los ejemplares se instó a seguir investigando este suceso.

Lo que sí nos enseña esta revisión, es que una vez que los microplásticos entran en la cadena trófica, ya no tenemos forma de extraerlos, poniendo en peligro la vida de las distintas especies acuáticas y de sus depredadores. Y que solo el tiempo y los próximos estudios que se realicen nos darán una idea del impacto real que supone para nuestra salud y nuestro planeta la emisión y exposición permanente a partículas de Polietileno, polipropileno, tereftalato de polietileno, fibras de nylon... entre otros muchos contaminantes que el ser humano vierte al mar a diario.

OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es realizar una revisión sobre el uso de microplásticos en productos de higiene diaria personal y cosmética. Para ello se han definido los siguientes objetivos específicos:

- 1) Determinar qué productos cosméticos y de higiene contienen microplásticos y por qué.
- 2) Conocer el tipo de moléculas que más se utilizan, y sus características.

3) Realizar una estimación aproximada del volumen real de contaminantes plásticos que puede llegar a producirse siguiendo una rutina simple, debido a la imposibilidad de nuestro sistema de depuración de aguas de atraparlas.

4) Proponer alternativas al uso de los microplásticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar esta revisión se han realizado una búsqueda específica en los principales buscadores de ciencias relacionadas con la sanidad o la química. Se ha buscado todo lo relacionado a la presencia y vertido de microplásticos en productos cosméticos. Se ha utilizado Scopus, Web of Science y Pubmed. Utilizando los siguientes descriptores:

| Descriptores | Keywords |
|-------------------------------|--|
| Microplásticos | Microplastics |
| Microesferas | Microbeads |
| Cosmética | Cosmetics |
| Productos de higiene personal | Personal care products |
| Criterios de inclusión | Criterios de exclusión |
| Full Open Acces 2015-2021 | Artículos en idiomas distintos al inglés Artículos anteriores a 2020 no citados |

Tabla 3: Criterios de búsqueda

Ecuación PubMed: (("microplastics"[MeSH Terms] OR "microplastics"[All Fields] OR "microplastic"[All Fields] OR ("microspheres"[MeSH Terms] OR "microspheres"[All Fields] OR "microbead"[All Fields] OR "microbeads"[All Fields])) AND ("cosmetics"[Pharmacological Action] OR "cosmetics"[MeSH Terms] OR "cosmetics"[All Fields] OR ("personal"[All Fields] AND "care"[All Fields] AND "products"[All Fields]) OR "personal care products"[All Fields]) AND ("cosmetical"[All Fields] OR "cosmetically"[All Fields] OR "cosmetics"[Pharmacological Action] OR "cosmetics"[MeSH Terms] OR "cosmetics"[All Fields] OR "cosmetic"[All Fields])) NOT ("drug packaging"[MeSH Terms] OR ("drug"[All Fields] AND "packaging"[All Fields]) OR "drug packaging"[All Fields] OR "package"[All Fields] OR "packages"[All Fields] OR

"product packaging"[MeSH Terms] OR ("product"[All Fields] AND "packaging"[All Fields]) OR "product packaging"[All Fields] OR "packaged"[All Fields] OR "packaging"[All Feilds])

Nº Referencias recuperadas: 25

Ecuación de búsqueda Web of science: Tema: ("Microplastics") AND Tema: ("Microbeads") AND Tema ("Personal care products") AND Tema: ("cosmetic")

Nº Referencias recuperadas 25

Ecuación de Scopus (TITLE-ABS-KEY ("microplastics")) AND (TITLE-ABS-KEY("personal care products")) AND (TITLE-ABS-KEY("cosmetics")) AND (TITLE-ABS-KEY("microbeads")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2015))

Nº de referencias: 35

Varios de los artículos se encontraban en los tres buscadores, lo que dejaba un total de 35 artículos y un libro. Se han descartado dos de los artículos, por estar más enfocados en el *packaging* como fuente de microplásticos secundarios que con la presencia de microesferas. Para ampliar la información respecto a los productos químicos, se han realizado búsquedas en los portales PubChem y ECHA. Usando los nombres de las distintas moléculas. Al mismo tiempo, también se ha realizado una búsqueda en los documentos oficiales de La Unión Europea para ver los informes en lo que se basarán las futuras prohibiciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Cosméticos con microplásticos y tipos de microplásticos incluidos

Los productos cosméticos o de higiene personal que se comercializan en la actualidad en el mercado único de la Unión Europea, contienen varios tipos de contaminantes que pueden suponer un peligro para la salud y el medio ambiente (Muhammad y Shahid, 2020) (24) como triclosan (antimicrobiano), parabenos

(conservantes), cloruro de benzalconio (antiséptico bactericida), dioxano (emulsificante), microplásticos (exfoliantes, conservantes, encapsulaciones, embellecedores...), formaldehído...

En este documento, nos centraremos en los microplásticos también denominados en cosmética como *microbeads* que se incluyen en muchos productos como excipientes de tipo hidrófobo. Están presentes en prácticamente todo tipo de preparaciones: desde sydnets, cosmética tratante, fotoprotectores solares, geles de ducha, pasta de dientes, hasta cosmética decorativa, como es el maquillaje.

Como se ha mencionado en la introducción, los productos más utilizados son: polietileno (PE), que es el polímero más simple que puede encontrarse $(\text{CH}_2\text{-CH}_2)_n$, polipropileno (PP) que se trata de un polímero termoplástico cristalino cuya fórmula química es $-(\text{C}_3\text{H}_6)_n$, tereftalato de polietileno (PET) $(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n$, metacrilato de polimetilo (PMMA) coloquialmente conocido como cristal acrílico cuya fórmula molecular es $(\text{C}_5\text{O}_2\text{H}_8)_n$ y nailon que es una poliamida. Las estructuras químicas de estos polímeros son simples y tridimensionales, la mayoría son termoplásticos con alto grado de cristalinidad, lo que los convierte en materiales altamente resistentes, y sus características están recogidas en la Tabla 2.

Estos componentes se usan tanto en los productos que requieren aclarado como en los que no lo requieren. En el primer caso se utilizan polímeros de estructura más compleja, que contienen de 6 a 4 moléculas por preparación, frente a las 3 que suelen contener los que no lo requieren. Debido a que son productos que requieren aclarado parte de su contenido termina en el mar. La razón por la que en industria prefieren este tipo de compuesto sobre los de origen natural, es porque aportan más posibilidades de conseguir productos de gran calidad a un menor coste. En concreto, para los exfoliantes físicos, tanto faciales como corporales, las opciones con microesferas plásticas resultan ser la forma más segura a la hora de eliminar los queratinocitos basales, así como penetrar mejor en los poros de la piel. Además, los polímeros tienen ciertas ventajas sobre productos utilizados con anterioridad y es que son menos agresivos y ofrecen

una mayor suavidad, son más económicos, al presentar una menor densidad su aclarado es más cómodo, sin llegar a bloquear el drenaje de la piel. Debido a su origen sintético no interactúan con otros componentes de los preparados, son muy estables, y no dañan el acondicionamiento primario del compuesto, como señalan Anagnosti et al (25).

Al mismo tiempo que como partículas exfoliantes, el polietileno y demás productos, pueden usarse para controlar la opacidad, para suavizar o “dar sensación de suavidad”, iluminación del rostro, encapsulación de fragancias y control de viscosidad, como tensioactivos viscosizantes y surfactantes. También, como elemento decorativo, como las microesferas azules de los dentífricos (que, aunque originalmente se diseñaron como partículas de exfoliación, hoy en día han sido relegados a decoración) o como la purpurina que muchos productos contienen para embellecer la preparación, que se trata de partículas metalizadas de tereftalato de polietileno (termoplástico con alto grado de cristalinidad, lo que lo hace muy resistente y no se biodegrada) y que son muy difíciles de eliminar de las aguas residuales.

Se conoce, que estos compuestos se añaden de forma deliberada a geles de ducha, productos para colorear el cabello, bases de maquillaje y correctores (agentes aglutinantes en maquillajes compactos), máscaras de pestañas (mayor concentración en las *waterproof* como agente filmógeno), sombras de ojos (tanto hidrosolubles como resistentes al agua), lápices de ojos, bálsamos emolientes y decorativos de labios, desodorantes, fotoprotección solar (gran fuente de contaminación acuática, si se tiene en cuenta que su uso es más frecuente durante la época de baño, tanto en el mar como en piscinas) como encapsulador de principios activos, cuidado del cabello (anti-estático y suavizante), y una fuente muy importante y poco conocida, las lacas de uñas (la mayor parte de los productos de uñas permanentes curados en lámparas UV son polímeros, tanto los acrílicos, los geles como los híbridos).

A pesar de que gran parte de las marcas del mercado europeo aseguran haber dejado, o estar adaptando el modelo de producción para hacerlo, el uso de lo que en inglés se denomina *microbeads* (microesferas de origen polimérico), el estudio Godoy et al. (2019) (8) reveló tras realizar un análisis que incluyó una suspensión 1:10 (sólido-líquido), que se calentó a 70°C durante una hora y después se filtró a vacío, un examen microscópico en el que se separó las partículas según tamaño, color y forma, un estudio FTIR (Espectrofotometría de infrarrojos) y la técnica granulométrica usando el láser Malvern Mastersizer 2000LF, dando como resultado, que de los 68 exfoliantes que se investigaron, y que se comercializaban en Granada, al menos el 43% contenían esferas de polietileno. Se eligieron las marcas más vendidas de perfumerías con sedes en todo el territorio nacional, para poder asegurarse la extrapolación. Y para calcular el número aproximado de partículas presentes en cada muestra se utilizó el método propuesto por Napper et al (26) que considera que todas las partículas son esferas perfectas y que sirve para calcular N, o lo que es lo mismo el número de partículas de plástico.

$$V_t = \frac{M_t}{D}$$

$$V \text{ (volumen de la partícula)} = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$N = \frac{V_t}{V}$$

Fórmula 1: Donde V_t (volumen total de plásticos extraído) V (volumen promedio de partícula) M_t (masa de plástico obtenido) D (densidad de partícula) N (número de partículas de plástico). (26)

De las partículas analizadas, las de los exfoliantes faciales tenían un mayor rango de variación entre partículas, según el producto analizado, comprendiendo tamaños entre 112 μm y 1,5 mm. En el caso de los exfoliantes corporales, el tamaño variaba entre los 5 μm y los 2mm. Fue en estos, donde el porcentaje de presencia de microplásticos era mayor, pudiendo alcanzar hasta el 80% en los exfoliantes para pies, que requieren mayor fricción. Finalmente, los geles de ducha, contenían una menor presencia de polietileno, además de que las microesferas eran de menor tamaño, no superando los 830 μm .

Del total de las muestras en las que se encontró PE, solo dos tenían una concentración (p/p) <1%. Mientras que otros cuatro tuvieron una concentración entre 5-10%. En cuanto al estudio de FTIR, en los tres grupos de productos, exfoliantes faciales, corporales y geles de ducha, las pequeñas partículas blancas que se analizaron, se observaron señales de vibración entre 3500–600 cm^{-1} que corresponden a diferentes señales de grupos metilenos, lo que indicaría la presencia de polietileno virgen. Los espectros también mostraron presencia de impurezas en las partículas que indicaría modificaciones en algunas esferas para conseguir una mejor preparación. Igualmente, se encontró que mientras las partículas azules que había en menor proporción mostraban espectros similares a las de las blancas, lo que indicaría su origen polimérico, la presencia de algunas partículas marrones resultaron ser cáscara de nuez y hueso de uva, lo que indicaría que el uso de microplásticos no es excluyente para el uso de productos de origen natural.

| Treatment | Total products | Scrubs | Scrubs with PE | % of scrubs with PE | % products with PE of the total |
|-----------|----------------|--------|----------------|---------------------|---------------------------------|
| Body | 315 | 19 | 12 | 63.16 | 3.81 |
| Facial | 786 | 40 | 11 | 27.50 | 1.40 |
| Foot | 44 | 5 | 4 | 80.00 | 9.09 |
| Bath gels | 469 | 4 | 2 | 50.00 | 0.43 |

Tabla 4: resultados del análisis de presencias de PE en exfoliantes. Tomada de Godoy et al (8).

Cuando al año siguiente se analizaron 130 emulsiones exfoliantes para pieles secas o deshidratadas, que se habían puesto a la venta en el mercado polaco por Malysa y Witkowska (27) se encontró que el 52% del total contenía nuevamente polietileno con el fin de conseguir una mayor suavidad y estabilidad. Siendo además el porcentaje más alto en los exfoliantes más baratos (35%), del 25% en los de precio medio y del 15% en lo más caros. Lo que permite relacionar directamente la alta presencia de PE con el abaratamiento del producto ya que en los productos de alta gama representa solo el 5%.

Los datos obtenidos en estos dos estudios, resultan curiosos, ya que los representantes del mercado cosmético clamaban que después del 2017 al menos el 97,6% de los productos que se distribuyen en nuestro mercado único serían “microbeads-free” o lo que en castellano catalogaríamos como libres de microplásticos. Lo que ha resultado no ser cierto.

Anagnosti et al (25) recogen en su artículo, en el que se preguntan si la transición ecológica ha sido manejada con éxito, que el Programa Medioambiental de las Naciones Unidas (UNEP), notificó en 2015 que el gel de ducha podía contener tantos microplásticos en peso como su propio envase y que, a pesar de ser algo que se había mencionado en algunos artículos como: Dauvergne (28), quien escribió que eran USA, Alemania, Francia, España y China los cinco países con mayor consumo de estos productos, y por tanto los mayores contaminantes, y que aunque por suerte la contaminación por microplásticos primarios procedentes de productos de higiene personal o cosméticos solo supone un 1,5% del total de la contaminación acuática por plásticos, el solo uso de un exfoliante facial puede liberar miles de partículas poliméricas. Stoll et al. (29) recogieron los cambios de normativas que han ido sucediendo respecto a este tema y Xanthos y Walker (30) quienes propusieron tomar muestras de las aguas residuales, previas y posteriores a las distintas prohibiciones de usos de microplásticos en cosméticos para cuantificar la disminución de uso, proponiendo tres etapas de estudio: previamente a la prohibición, durante el periodo de adaptación, y después de la activación de las prohibiciones para poder hacerse una idea del cumplimiento de las empresas. No había sido documentado por ninguno hasta que el mismo grupo de estudio Anagnosti et al (31) lo recogió en su artículo de 2020.

Asimismo, el artículo que se mencionaba Anagnosti et al (25) , recoge que una vez que estos microplásticos son liberados a las aguas residuales es muy difícil conseguir retirarlas y que el coste de intentar hacerlo se incrementa respecto al beneficio. También, comentan que las marcas (concretamente esta frase se atribuye a un portavoz del grupo L’Oreal) se escudan en que la mayor parte de los polímeros se encuentran en forma líquida a excepción de las microesferas

de exfoliación, y que por ello no son dañinos, dato que parece no ser cierto. En este artículo, se menciona que la industria del cuidado personal ha invertido mucho dinero desde inicio de siglo, en las nanopartículas para conseguir un mejor transporte intradérmico y que los principios activos de la fórmula puedan atravesar el estrato córneo. Se han incluido también de forma generalizada en el uso de protectores solares donde se usan partículas inorgánicas como TiO_2 , ZnO y sílice encapsulados, para que absorban la radiación UV. Aunque no se ha estudiado mucho la repercusión de estos nanoplasticos presentes en los protectores solares, hay autores como Gasperi et al (32) que consideran que las nanopartículas deben ser tratadas como microplásticos de menor tamaño. Ya que en muchas ocasiones las rupturas de estas capsulas puede terminar formando contaminantes.

Por otro lado, Sun (33) menciona en su artículo sobre la incidencia de microplásticos en productos de cuidados personal, que a pesar de que no todos los productos de este tipo contienen los compuestos anteriormente mencionados, existe una alta incidencia. Señala que catalogarlos es muy difícil ya que, dentro del mismo tipo de productos, incluso dentro de una misma marca varía mucho el tipo de partícula utilizada. Lo que dificulta aún más establecer la incidencia exacta y el uso de polímeros en productos de higiene personal y cosmética. En este artículo, se describe la forma de conocer aproximadamente el contenido plástico de un preparado cosmético, utilizando un filtro de celulosa para tamizar una mezcla del producto cosmético a analizar con agua. Una vez que los microplásticos han sido lavados con H_2O o etanol, se dejan secar y se realiza un estudio microscópico para valorar las características físicas, colores, formas y diámetros de dichos microplásticos. Del mismo modo, se realiza una identificación, mediante espectroscopia de infrarrojo o Raman (dependerá del tamaño de la partícula), de las composiciones poliméricas de los mismos. De nuevo, las fórmulas más estudiadas son los limpiadores faciales. Esto es así ya que los limpiadores faciales tienen una concentración de 0,05g/2450 partículas/g frente a las 0,02 g/2,15 partículas/g (geometría geométrica) que se encontraron en geles de ducha. Sin embargo, el diámetro de las mismas era mayor en el gel

de ducha, con una diferencia de 222µm. Lo que podría ser explicado por la necesidad de generar mayor fricción en los limpiadores faciales.

| C | Tamaño (µm) | | | SSA | M | A | Color | Forma | Tipo | R | BT |
|---------------|----------------------|------|------|-----------------------|--|--|--|------------------------|-------------------|-------------------|--|
| | Promedio | Min | Max | | | | | | | | |
| BS | Eslovenia | 71,3 | 24,0 | 1x10 ⁻³ | 0,02 | 8,53x10 ⁵ | Blanco | Irregular | PE | a | 2018 ^b (Taiwán) |
| | | 96,0 | 24,0 | 0,02 | 0,11 | 1,19x10 ⁶ | | | | | |
| FC | China | 161 | 24,0 | 620 | 8,70x10 ⁻³ | 1,23x10 ⁴ | Trasparente/Blanco Transparente | Granular Irregular | PE | c | 2018 ^b (Taiwán) |
| | | 186 | 24,0 | 790 | 0,02 | 7,19x10 ³ | | | | | |
| | | 200 | 7,00 | 1,02x10 ³ | 0,02 | 11,1 | Azul/Transparente Transparente | Redonda Irregular | PE | b | 2018 ^d |
| | | 272 | 7,00 | 1,02x10 ³ | 0,03 | 12,6 | | | | | |
| | | 366 | 7,00 | 1,02x10 ³ | 0,02 | 7,15 | Azul/Transparente Transparente | Redonda Irregular | PE | b | 2018 ^d |
| | | 380 | 7,00 | 1,02x10 ³ | 0,01 | 4,94 | | | | | |
| | | 380 | 7,00 | 1,02x10 ³ | 0,01 | 6,84 | Azul/Transparente Transparente | Redonda Irregular | PE | b | 2018 ^d |
| | | 380 | 7,00 | 1,02x10 ³ | 0,04 | 3,73 | | | | | |
| | | 126 | 24,0 | 832 | 0,02 | 9,93x10 ³ | Azul/Transparente Transparente | Redonda Irregular | PE | c | 2018 ^d |
| | | 142 | 24,0 | 829 | 0,02 | 5,22x10 ³ | | | | | |
| 148 | 24,0 | 988 | 0,09 | 2,89x10 ⁴ | Azul/Transparente Azul/Transparente | Redonda Irregular | PE | c | 2018 ^d | | |
| 88,0 | 24,0 | 813 | 0,04 | 2,51x10 ⁴ | | | | | | | |
| Nueva Zelanda | 1,24x10 ³ | 4,10 | 248 | 0,04 | 2,51x10 ⁴ | Azul/Transparente Azul/Transparente | Redonda Irregular | PE | d | 2018 ^d | |
| | 10,2 | 10,2 | 197 | 0,04 | 2,51x10 ⁴ | | | | | | |
| Eslovenia | 37,7 | 31,6 | 418 | <1x10 ⁻⁴ | 0,004 | 3,11x10 ⁶ | Blanco Rojo | Irregular Irregular | PE | a | 2018 ^d |
| | 55,8 | 31,6 | 418 | 3,30x10 ⁻³ | 0,01 | 2,19x10 ⁶ | | | | | |
| Corea del Sur | 92,0 | 24,0 | 440 | 0,03 | 5,04x10 ⁴ | Transparente Blanco/Rosa | Irregular Irregular | PE | a | 2018 ^d | |
| | 164 | 24,0 | 440 | 0,03 | 1,89x10 ⁴ | | | | | | |
| UK | 289 | 24,0 | 440 | 0,03 | 1,89x10 ⁴ | Blanco/Azul Blanco/Azul | Irregular Irregular | PE | e | 2018 ^d | |
| | 290 | 24,0 | 440 | 0,03 | 1,89x10 ⁴ | | | | | | |
| | 293 | 24,0 | 440 | 0,03 | 1,89x10 ⁴ | Blanco Blanco | Irregular Irregular | PE | e | 2018 ^d | |
| | 318 | 24,0 | 440 | 0,03 | 1,89x10 ⁴ | | | | | | |
| | 327 | 24,0 | 440 | 0,03 | 1,89x10 ⁴ | Blanco Blanco | Irregular Irregular | PE | e | 2018 ^d | |
| | 85,0 | 24,0 | 440 | 0,03 | 1,89x10 ⁴ | | | | | | |
| | USA | 111 | 24,0 | 440 | 0,03 | 1,89x10 ⁴ | Transparente Transparente/ Naranja | Irregular Irregular | PE | c | 2017 ^h |
| | | 183 | 80,0 | 400 | 0,03 | 1,89x10 ⁴ | | | | | |
| | | 215 | 60,0 | 420 | 0,02 | 6,42x10 ³ | Blanco Blanco | Irregular Irregular | PE | e | 2017 ^h |
| | | 265 | 60,0 | 540 | 0,02 | 1,89x10 ⁴ | | | | | |
| 271 | | 120 | 520 | 0,02 | 919 | Blanco Blanco | Irregular Irregular | PE | e | 2017 ^h | |
| 272 | | 100 | 500 | 0,02 | 919 | | | | | | |
| 274 | | 120 | 600 | 0,02 | 1,44x10 ⁴ | Transparente Transparente/ Naranja | Irregular Irregular | PE | c | 2017 ^h | |
| 286 | | 100 | 600 | 0,02 | 1,44x10 ⁴ | | | | | | |
| 293 | | 180 | 600 | 0,02 | 3,42x10 ⁴ | Transparente Transparente/ Naranja | Irregular Irregular | PE | c | 2017 ^h | |
| 317 | | 200 | 800 | 0,02 | 3,42x10 ⁴ | | | | | | |
| SG | China | 348 | 110 | 970 | 0,01 | 1,65 | Azul | Irregular | PE | b | 2018 (Taiwán) |
| | | 456 | 110 | 970 | 0,03 | 4,77 | | | | | |
| TP | USA | 345 | 90,0 | 600 | 0,02 | 2,50x10 ³ | Azul | Irregular | PE | g | 2017 2018 ^m 2018 ⁿ |
| | | 345 | 90,0 | 600 | 0,02 | 2,50x10 ³ | | | | | |

Tabla 5: BS: exfoliante corporal; FC: limpiadores faciales; SG: gel de ducha; TP: pasta de dientes; SSA: superficie específica (m²/g): M: masa de microplásticos/g de muestra; A: partículas /g muestra; R: referencias; BT: tiempo de prohibición. Tabla traducida de Sun (33)

La tabla 5 representa las características principales de los microplásticos encontrado en productos de cuidado personal en varios países. Donde puede observarse, que generalmente, el polietileno es el microplástico mayoritario, en torno a un 93% del total, como escribieron Gouin et al (34) Y que el 95% de las partículas encontradas presentan un tamaño menor a 350 μm , así como que la distribución es homogénea.

Los datos expuestos en la Tabla 5 permiten hacernos una idea de que el contenido en microplásticos en productos de higiene personal en Asia es mínimo si se comparan los obtenidos en Estados Unidos. Aunque el porcentaje mayor de masa registrada en PCP (*Personal Care Products*) fue de $3,11 \cdot 10^6$ partículas /g en limpiadores faciales fue en Eslovenia, mientras que en Estados Unidos la máxima registrada fue de 0,1 partículas/g. En cambio, son los geles de ducha procedentes de China los que contienen menor cantidad de microplásticos 2,15 partículas/g que se traduce en 0,02 g/g. Esto tendrá gran relevancia en el apartado de estimación en el que se calcula qué cantidad de microplásticos procedentes de PCP libera China al año.

Un artículo publicado en 2015 por Napper et al (26) cuando empezaba a generalizarse este tema, recoge un estudio realizado sobre 6 exfoliantes faciales (como se ha comentado con anterioridad, los limpiadores faciales son los productos más estudiados), de amplio uso en UK (anterior a la prohibición que se ha comentado en los antecedentes). Se escogieron dichos productos ya que en las etiquetas indicaban que contenían PE. Los exfoliantes, que en todos los casos eran fluidos viscosos, se llevaron a ebullición en agua antes de someterlos a filtración a vacío. Tras el secado de los microplásticos, se realizó una identificación a través de espectroscopia de infrarrojos, mediante un microscopio Hyperion 1000 acoplado a un espectrómetro IFS y se compararon los resultados obtenidos con una base de espectros de polímeros sintéticos. Al mismo tiempo, se extrajeron microesferas plásticas exfoliantes de geles de ducha y se

sometieron al mismo proceso. Después se sometieron a exposición a fenilo y DTT. Para estudiar los microplásticos como vector de contaminantes químicos.

Los resultados indicaron, que efectivamente todos los productos contenían PE y además en varios exfoliantes se observaron unas esferas verdes y otras amarillas que no consiguieron identificarse mediante la espectroscopia. Además, uno de ellos contenía también purpurina, que como se ha comentado con anterioridad son partículas metalizadas de polímeros (y altamente contaminantes).

Se constató que había muchos tipos de esferas distintas, de distintos tamaños y colores, así como varias partículas irregulares. Dado que los autores consideran los microplásticos contenidos en productos cosméticos como fuente de parte de la contaminación oceánica por los mismos, establecen una estimación de cuanto supone para el medio ambiente el uso de estos productos. Basándose en los datos del sondeo que realizó Statista (35) que establecía el número de usuarias (de mujeres en UK en el año 2013) de exfoliantes faciales en 1,1 millón y considerando que su uso era de al menos una vez al día (estimación con la que discrepo, ya que un limpiador facial suave de higiene diario como sydnets, leches limpiadoras, o aguas micelares, etc. puede usarse en torno a dos veces al día por una usuaria cumplidora, pero un exfoliante físico no debe usarse más de dos veces a la semana en pieles con tendencias seboreica o con presencia de poro dilatado, y una vez a la semana en caso de pieles sensibles, o podría llevar a producir una irritación cutánea debido a la descamación de la barrera protectora de nuestra piel), estima que usándose aproximadamente 5ml diarios del producto, un rango entre 4594 y 94500 partículas podrían pasar al sistema hidráulico al día. Valor que se utiliza en el apartado de estimación para los cálculos de emisión.

Por último, en 2018 Mangala et al (36) quienes incluyeron el poliéster (PES), el cloruro de polivinilo (PVC) (en Europa no está permitido su uso en preparaciones cosméticas) y el polietileno de alta densidad (HDPE) como microplásticos contenidos en productos de cuidado personal, valoran que, a

pesar de que las partículas de plástico liberadas por el uso de productos cosméticos son un porcentaje pequeño respecto al total de los plásticos que llegan al mar, es la acumulación lo que resulta tan peligroso.

Este artículo publicado en Malasia por Mangala et al (36) realiza un estudio parecido a los dos anteriores, pero enfocándose en el mercado asiático, dado que la ASEAN (La asociación de cosméticos del sureste asiático) ha realizado una prohibición sobre el uso de estas moléculas en preparados cosméticos. Esto es importante porque, aunque la prohibición pueda desarrollarse en los países más avanzados o concienciados con la problemática, si el cambio no se produce a nivel global será muy difícil garantizar la sostenibilidad de nuestros mares. Debemos tener en cuenta, que hay grandes marcas que en el mercado europeo no comercializan productos con componentes derivados del petróleo, pero que sí lo hacen en oriente medio, donde la normativa es laxa y pueden aumentar el margen de beneficio. Lo que supone un atraso a la hora de atajar el problema.

El objeto de estudio fueron los productos de higiene como limpiador facial exfoliante y pasta de dientes. Se eligieron las cinco marcas más importantes del mercado de cada producto, haciendo un total de 10 preparaciones a analizar. Las preparaciones se sometieron a ebullición en agua, y a un proceso de filtración a vacío, limpiando la muestra con agua desionizada, y un secado a 50°C para purificar las partículas de plástico. El proceso se repitió 10 veces para conseguir la máxima pureza.

Como en los dos casos anteriores el sólido se sometió a un estudio microscópico usando el Nikon Eclipse E200LED MV RS, para analizar el tamaño, color y características físicas de dichos polímeros, así como a una espectrometría mediante Thermo Scientific Nicolet 6700FTIR.

Para conocer el impacto real que tenía el uso de microplásticos se realizó una encuesta para valorar el uso de productos cosméticos por parte de la población, donde destacó que el mayor porcentaje de población que usa a diario

productos de higiene personal y cosmética son los jóvenes adultos (20-29 años) y que el aumento de usuarios se debe a la influencia ejercida por las redes sociales. Los productos usados en mayor proporción fueron la pasta de dientes (hasta 3 veces al día) y los limpiadores faciales. La encuesta reveló que gran parte de la población estaba concienciada respecto al uso de productos cosméticos que contuvieran microplásticos, a pesar de que al menos la mitad seguía usando preparados que los contenían.

De todos los productos analizados, se encontró que todos contenían microesferas, de varios colores, verdes, azules, marrón claro y algunas incoloras. Además, había varios tipos de partículas irregulares. Los resultados reflejaron que el tamaño de partícula era menor en las pastas de dientes respecto a los limpiadores faciales, aunque, los mismos resultaron ser menores que los descritos en estudios de años anteriores. Siendo los del estudio reciente entre 10 y 178 μm para los exfoliantes faciales, y entre 3 y 145 μm en pastas de dientes. Mientras que, los tamaños fueron entre 24 y 800 μm , según Cheung y Fok (37) y entre 24 and 800 μm , Fendall y Sewell (2009) (38) entre 4.1 y 1240 μm y un diámetro de 163,82 μm , para Napper et al. (26). Los autores justifican estas diferencias debido al material de identificación empleado.

| Tipo de muestra | Muestra | Color | Forma | Tamaño μm | Densidad media \pm SD (Partículas /g) | Peso medio partícula \pm SD el producto (%) | Composición |
|------------------------------|---------|--------------------|-------------------|----------------------|---|---|---|
| Limpiador facial /Exfoliante | A | Verde Marrón claro | Granular | G: 23-85 | 11,776 \pm 138 | 2.5 \pm 0.13 | <ul style="list-style-type: none"> • Polietileno de baja densidad (LDPE) • Triacotano |
| | B | Sin color | Esférica Granular | C:10-165 | 36,636 \pm 285 | 5.0 \pm 0.22 | <ul style="list-style-type: none"> • Polietileno de baja densidad (LDPE) • Triacotano |
| | C | Sin color | Granular | C:15-159 | 22,585 \pm 1236 | 1.50 \pm 0.13 | <ul style="list-style-type: none"> • Polietileno de baja densidad (LDPE) • Triacotano |
| | D | Verde Sin color | Granular | C:15-142 | 21,210 \pm 2835 | 1.50 \pm 0.47 | <ul style="list-style-type: none"> • Polietileno de baja densidad (LDPE) • Triacotano |
| | E | Sin color | Granular | C:12-178 | 27,688 \pm 723 | 2.03 \pm 1.14 | <ul style="list-style-type: none"> • Polipropileno • Celofán |
| | F | Sin color | Granular | C:3-123 | 43,885 \pm 2186 | 20.43 \pm 29.34 | <ul style="list-style-type: none"> • 2-Fluoroetanol |
| Pastas de dientes | G | Azul Sin color | Granular | B:13-110 | 48,992 \pm 1396 | 7.24 \pm 0.64 | <ul style="list-style-type: none"> • Fosfato de calcio tipo IV tribásico • Polietileno de baja densidad (LDPE) • 2- Fluoroetanol |
| | H | Sin color | Granular | C:5-145 | 52,342 \pm 2954 | 8.65 \pm 2.13 | <ul style="list-style-type: none"> • Fosfato de calcio tipo IV tribásico • 2- Fluoroetanol |
| | I | Sin color | Granular | C:5-134 | 32,450 \pm 2331 | 45.28 \pm 3.21 | <ul style="list-style-type: none"> • Etanolamina Carbonato de calcio |
| | J | Sin color | Granular | C:4-139 | 19,543 \pm 873 | 13.84 \pm 1.23 | <ul style="list-style-type: none"> • Metilenciclobutano • 2- Fluoroetanol • Fosfato de calcio tipo IV tribásico |

Tabla 6: Características de las partículas encontradas en exfoliantes faciales y pastas de dientes. Tabla traducida de Mangala et al (36).

La tabla 6 muestra los resultados del estudio realizado sobre la pasta de dientes y el exfoliante facial, mostrando que efectivamente, el polietileno de baja densidad aparece en todos, los productos exfoliantes estudiados, probablemente para llevar a cabo una fricción suave, mientras que en las pastas de dientes solo aparece en la muestra G.

Los microplásticos se añadieron a las pastas de dientes para mejorar la estética, ayudar en la limpieza y suavizar el producto, no obstante, ahora aparecen también varias esferas de colores que no son más que simple decoración para hacerlos visualmente atractivo. El resto de productos que pueden aparecer en las pastas son: celofán, 2-fluoroetanol, fosfatos cálcico tipo IV, dietanolamina, carbonato cálcico y metilencilobutano.

2. Estimación de la emisión de microplásticos al medio ambiente

La emisión de microplásticos incluidos en productos cosméticos es desigual en los diferentes países del planeta. Un estudio realizado por Mangala et al (36) en Malasia en el que se analizó el contenido en microplásticos de diferentes productos cosméticos encontró que todos los productos analizados contenían microesferas de varios tamaños. Una vez valorados todos los datos, y teniendo en cuenta que el país tiene 31,7 millones de habitantes, que la población comprendida entre 20 y 44 años (intervalo de edad donde es más habitual el uso de exfoliantes) es el 40% de los cuales, poco más del 50% dice usarlos con frecuencia y sabiendo que el 44% de dichos productos contienen microesferas, se estimó que Malasia habría emitido 0,199 billones (trillones en la nomenclatura anglosajona americana [10^{12}]) de microplásticos anuales originarios de productos cosméticos. El 95% del total a través de las aguas residuales no tratadas o tratadas sin éxito. Datos que se obtuvieron siguiendo la estimación de Napper et al (26) que propuso la Fórmula 1 que permitió calcular que se estarían liberando al medio entre 4594 y 94500 microplásticos/g de producto en cada uso.

Esta cifra, a pesar de ser un número escandalosamente alto, se queda pequeño en comparación con la estimación llevada a cabo en 2017 por Cheung y Fok (37) en la que se calculó usando los mismo porcentajes de uso sobre una población de 749 millones de personas en territorio urbano, que China estaría emitiendo un promedio de 38,2 billones de microplásticos anuales al medio acuático en zonas urbanas, y en torno a 1 billón en zonas rurales. Lo que se traduciría en unas 56 toneladas de microplásticos procedentes de exfoliantes faciales, que China estaría liberando al mar, solo procedente de urbanas. Sumando un total de 209,7 billones de microesferas anuales, lo que implicaría 0,8 toneladas diarias de desechos plásticos procedentes de limpiadores faciales.

Cabe mencionar que China es uno de los 5 países que más contribuye a la contaminación acuática, al igual que nuestro país. Así, como que las grandes masas de aguas no entienden de fronteras imaginarias, y que gran parte del vertido de estos productos se distribuirá por todo el planeta a través de las corrientes oceánicas.

En el artículo de Napper et al (26) que se ha ido mencionando varias veces a lo largo de este trabajo, debido a que muchos autores utilizan su fórmula de estimación de cantidad de partículas de microplásticos, calcularon que si el 15% de las marcas que venden jabón líquido en UK contienen *microbeads* y que al menos el 25% los microplásticos son captados por el alcantarillado, la población de UK podía emitir al medio natural aproximadamente 40,5 - 215 mg de PE por persona de forma diaria, lo que supondría entre 16 y 86 toneladas al año (considerando la población en 2013 que era de 64,1 millones), solo valorando el uso de exfoliantes faciales. Si comparamos estos datos con la población actual de Reino Unido (66,65 millones de habitantes) obtenemos que de no entrar en vigor la prohibición, estarían emitiéndose entre 16,63 y 89,4 millones de toneladas anuales. Este artículo, también recogió la comparación con los datos recogidos por Gouin et al 2011 (39) en los que recogían la emisión en Estados Unidos era de 2,4 mg de PE emitidos por persona al día, lo que sumaban 263 toneladas al año.

De nuevo, si tenemos en cuenta que esta estimación se realizó en 2011 cuando la población era de 311,6 millones de personas, al incrementarse en 16,6 millones (hasta el año 2019) (40) se traduce en un aumento de la emisión de 14 toneladas al año. Dato no menor.

| Estimación de la emisión de microplásticos por los países estudiados. | | |
|--|---|--------------------------------------|
| País | Estimación emisión (toneladas/año) año del estudio | Estimación con población 2021 |
| Malasia | 1,48 toneladas | 1,48 toneladas |
| China | 1321 toneladas | 1376 toneladas |
| Estados Unidos | 263 toneladas | 325,6 toneladas |
| Reino Unido | 86 toneladas | 89,4 toneladas |
| España | 315 toneladas | 315 toneladas |

Tabla 7: Tabla resumen de las estimaciones de emisión de los países estudiados. Datos Malasia calculados a raíz de los datos de Mangala et al (36). Datos China 2017 de Cheung y Fok (37). Estados Unidos y Reino Unido obtenidos de Napper et al (26). Datos España calculados con la fórmula de Mangala et al (36) y los datos de Godoy et al (8).

La revisión de los artículos anteriores, invitan a replantearse el sistema actual de producción de PCP, tanto de limpieza de uso diario, como de productos más sofisticados, como cosmética decorativa, cosmética de tratamiento o protectores solares. La presencia de productos derivados del petróleo y en concreto del polietileno y su alta incidencia tanto en limpiadores faciales como corporales, queda patente tras el análisis de varios productos en distintos países del mundo y en distintos mercados. Lo cual, conociendo el problema que su emisión al medio marino puede producir, y sabiendo que indirectamente puede impactar en nuestra salud, si llega a nuestros platos en forma de alimentos procedentes del medio marino, es necesario el planteamiento de un cambio profundo en el modelo de producción, para avanzar hacia uno más sostenible y respetuoso con nuestro planeta.

Se ha tanteado, que, a pesar de la creciente concienciación de la población al respecto, la mayor parte de los productos comercializados en los últimos 5 años, tanto en el mercado común de la unión europea, como en mercados tan dispares como el estadounidense o el asiático, la gran mayoría de productos

siguen conteniendo grandes cantidades de polímeros como excipientes de sus fórmulas. Esto es muy probable que siga pasando mientras las prohibiciones no sean efectivas, ya que, aunque en la Unión Europea se ha diseñado el camino, no se han llegado a tomar medidas efectivas para preparar a la industria ante una futura prohibición. Prohibición, que de no ser por la crisis sanitaria en la que nos encontramos desde marzo de 2020, tendría que haber entrado en vigor en ese mismo año.

Por lo tanto, de igual manera que diversos productos derivados del petróleo, se encuentran ya prohibidos como componentes de lo que se conoce como fórmulas cosméticas según el Reglamento Europeo N° 1223/2009 (los que comprenden los números 890 a 984 del Anexo II), se tendría que prohibir de la presencia no justificada de moléculas de polietileno (PE), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET), PMMA, LDPE y nailon entre otros compuestos. E instar a los fabricantes a usar productos de origen biológico, o que al menos cuenten con un tiempo de biodegradación menor y que no perjudiquen el entorno marino.

3. Alternativas al uso de microplásticos

Debido al aumento en la demanda de productos “ecológicos” o más respetuosos con el medio ambiente, muchas marcas están orientando su producción hacia materiales más sostenibles. Por ejemplo, el grupo L’Oreal, grupo cosmético con mayor impacto global ya que produce la mayoría de las marcas del mercado occidental, presenta en su artículo L’Haridon et al (41) la fórmula en la que se basa su equipo científico para conseguir moléculas eco-sostenibles que puedan implementarse en su proceso de producción sin comprometer la eficacia. En dicha publicación describen una fórmula matemática que han implementado para predecir la biodegradación de las materias primas utilizadas en los procesos de formulación para no utilizar aquellos que supongan un riesgo elevado para el medioambiente, como muchos de los componentes tradicionales de su línea de champús. En cambio, esto choca con lo que algunos ecologistas llevan denunciando años, que incluso los plásticos biodegradables,

siguen siendo fuente primaria de contaminación y, por tanto, siguen implicando un riesgo real para el ecosistema.

Otras marcas, algunas de ellas vendidas en farmacias a pesar de no considerarse cosmética activa, han optado por usar productos de origen natural para sustituir a las microesferas de polietileno que se utilizan en los exfoliantes, como sal, azúcar, copos de avena, arenas, arcillas, piedra pómez... para exfoliantes corporales. Huesos triturados de algunos frutos, esferas de celulosa, ceras vegetales, arcillas... para exfoliantes faciales. Lo mismo para pastas de dientes, que pueden utilizar sal como exfoliante.

Para el efecto suavizante que los polímeros facilitan, pueden utilizarse como emolientes los aceites vegetales, como aceite de almendras dulces, hammamelis, o puede usarse lanolina (de origen animal, lo que sería un impedimento para los veganos).

Con el objetivo de evitar la emisión de estas partículas al máximo, hay marcas, mayoritariamente enfocadas en el público de gran consumo, que optan por reforzar las fórmulas tradicionales anteriores a la introducción de microesferas en la industria, y favorecen los formatos sólidos, reduciendo así también el impacto medioambiental del envase del producto, ya que los formatos *naked*, suelen tener un acondicionamiento primario de cartón reciclado en lugar de plástico. Estos productos sólidos que emulan a las pastillas de jabón tradicionales, aunque presentan otros compuestos polémicos como los sulfatos, permiten reducir el impacto que la higiene personal genera sobre el medio ambiente. Con el avance del mercado en este tema, tenemos presentaciones sólidas para productos de limpieza corporal, facial, cuero cabelludo, hidratación del cabello y la piel...

En cuanto a los filtros solares, lo ideal sería que el mercado se dirigiese hacia una mayor protección por parte de filtros químicos y no físicos, así como la eliminación de partículas metalizadas de purpurina. También intentar orientar hacia el uso de fotoprotectores biológicos, como la Vitamina A y E. E incluso la complementariedad con protectores orales, como los β -carotenos, Vitamina C, tocoferol, licopeno.

No menos importante las lacas de uñas, aunque haya poca literatura sobre el tema, como lo recogido por Simanovsk y Grigale-Soročina (42), ya que sus componentes mayoritarios son polímeros. Y más en las lacas de uñas de larga duración. Las lacas de uñas presentan el problema que deben ser estables el tiempo que estén en uso sobre la uña, no contener productos altamente tóxicos, pero al mismo tiempo tienen que ser fáciles de remover ante el uso de un disolvente orgánico, como la acetona, por lo que el uso de polímeros supone una ventaja. No obstante, debe animarse a la prohibición del uso de maquillaje de uñas permanente de curado en lámpara, así como los geles de construcción tanto el formato tradicional, como el híbrido.

CONCLUSIONES

Los daños de los microplásticos en la fauna acuática son muy preocupantes, empezando por el hecho de que puedan entrar en la cadena trófica y ejercer como disruptores endocrinos es numerosas especies, produciendo estrés hepático en peces e incluso pudiendo exponer a los organismos que los ingieren a intoxicación por metales pesados o infecciones bacterianas. La realización de este trabajo para evaluar la presencia en microplásticos en productos cosméticos ha permitido extraer las siguientes conclusiones:

1) La presencia de microplásticos primarios en preparaciones cosméticas ha sido ampliamente demostrada especialmente en exfoliantes faciales y corporales, así como pastas de dientes y geles de ducha para conseguir una fricción más suave y mantener las preparaciones más estables a un coste muy económico.

2) La molécula mayoritaria es el polietileno (PE) que se usa en forma de microesferas en colores blancos, y azules, aunque también se ha demostrado presencia de polipropileno y Tereftalato de etileno. Todas ellas son partículas plásticas, de baja densidad y alto grado de cristalinidad, lo que las convierte en partículas muy estables que tienen una vida media de hasta 500 años.

3) Los vertidos anuales de polímeros a ambientes acuáticos se cuentan por toneladas en los países donde la demanda de estos productos es alta.

4) Las alternativas a estos productos deben buscarse mayoritariamente en ingredientes de origen natural como huesos de frutos, avena o semillas. Priorizar los productos en formatos sólidos, o preparaciones más naturales que no tengan tanto contenido plástico ni para embellecer, conservar, ni perfumar.

La industria cosmética debe replantearse el uso de microplásticos buscando alternativas más respetuosas con el medio ambiente con el fin de reducir el impacto de estos productos en el medio ambiente

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, este trabajo está dedicado a mi abuela, quién ha estado mal en las últimas semanas de este trabajo, y que finalmente nos dejó a principio de año. A mi padre que a pesar de dicha pérdida ha conseguido trasladar mi idea a dibujo. A mi madre por hacerme luchar para ser la mujer que soy hoy. A mi familia por el año familiar tan duro que hemos tenido. A mi prima Ángela cuya fuerza para salir adelante me inspira cada día. Mi hermano, mi peor paciente. A mis amigas que me han sostenido en la distancia. A mis dos cómplices de aguas abiertas, no creo que mentalmente hubiera podido aguantar este año sin nadar. A mis tutoras, por el gran esfuerzo para que pudiera cumplir los plazos.

REFERENCIAS Y BILIOGRAFÍA

1. Parlamento de la Unión Europea. 2018/2035(INI) Stratégie européenne sur les matières plastiques dans une économie circulaire. Resolución. Bruselas: Unión Europea, Consejo Europeo; 2018.
2. Nelms SE, Barnett J, Brownlow A, Davison NJ, Deaville R, Galloway TS. Microplastics in marine mammals stranded around the British coast: ubiquitous but transitory? Sci Rep. 2019 Enero 31; 9(1)(1075).
3. Rojo-Nieto, Elisa; Montoto, Tania Área de Medio Marino de Ecologistas en Acción. Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global: Ecologistas en acción; 2017.

4. Eva Alessi GDC. Una trampa de plástico: liberando de plástico el Mediterráneo. Divulgativo. Roma: WWF; 2018.
5. STANPA. STANPA. [Online].; 2019 [cited 2020 DICIEMBRE 20. Available from: <https://www.stanpa.com/sector-en-cifras/mercado-cosmetico-ue/cosmetica-union-europea/>.
6. European Chemicals Agency. ANNEX to the ANNEX XV RESTRICTION REPORT, PROPOSAL FOR A RESTRICTION, intentionally added microplastics. Dossier. Helsinki: ECHA, QUÍMICA; 2019.
7. PARLAMENTO EUROPEO Y CONSEJO EUROPEO. REGLAMENTO (CE) N o 1907/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO e 18 de diciembre de 2006. Reglamento. Bruselas: Consejo Europeo; 2006.
8. Godoy V, Martín-Lara MA, Calero M, Blázquez G. Physical-chemical characterization of microplastics present in some exfoliating products from Spain. Mar Pollut Bull. 2019 Febrero;(139): p. 91-99.
9. Wagner M, Lambert S. Freshwater Microplastics: Emerging Enviromental Contaminants? 1st ed. Martin Wagner SL, editor. Frankfurt: SpringerOpen; 2018.
10. Mariano. tecnologiadelosplasticos.blogspot.com. [Online].; 2012 [cited 2021 Enero 4. Available from: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com>.
11. Peter J. Kershaw CMR. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment. GESAMP, IMO, FAO, UNESCO-IOC, UNIDO, WMO, IAEA, UN, UNEP, UNDP; 2016. Report No.: 1020-4873.
12. Rochman CM, Hoh E, Kurobe T, Teh SJ. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. Sci Rep. 2013 Noviembre; 3(3263).
13. Rochman CM, Kurobe T, Flores I, Teh SJ. Early warning signs of endocrine disruption in adult fish from the ingestion of polyethylene with and without sorbed chemical pollutants from the marine environment. Sci Total Environ. 2014 septiembre;(493).
14. Piotrowska A, Czerwińska-Ledwig O, Serdiuk M, Serdiuk K, Pilch W. Composition of scrub-type cosmetics from the perspective of product ecology and microplastic content. Toxicol. Environ. Health Sci. 2020 Marzo;(12): p. 75–81.
15. Mearns AJ, Morrison AM, Arthur C, Rutherford N. Effects of pollution on marine organisms. Water Environ Res. 2016 Octubre; 88(10): p. 1693-807.

16. Abidli S, Lahbib Y, El Menif NT. Microplastics in commercial molluscs from the lagoon of Bizerte (Northern Tunisia). *Mar Pollut Bull.* 2019;(142): p. 243–252.
17. Teng J, Wang Q, Ran W, Wu D, Liu YF, Sun S, et al. Microplastic in cultured oysters from different coastal areas of China. *Sci Total Environ.* 2019 Febrero; 25(653): p. 1282–1292.
18. Zhu JM, Zhang Q, Li YP, Tan SD, Kang ZJ, Yu XY, et al. Micro plastics pollution in the maowei sea, a typical mariculture Bay of China. *Sci Total Environ.* 2019 Marzo; 25(658): p. 62-68.
19. Rochman CM, Tahir A, Williams SL, Baxa DV, Lam R, Miller JT, et al. Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Sci. Rep.* 2015 septiembre; 5(14340).
20. Cartraud AE, Le Corre M, Turquet J, Tourmetz J. Plastic ingestion in seabirds. *Mar Pollut Bull.* 2019;(140): p. 308-314.
21. Rossi LC, Scherer AL, Petry MV. First record of debris ingestion by the shorebird American Oystercatcher (*Haematopus palliatus*) on the Southern Coast of Brazil. *Mar Pollut Bull.* 2019;(138): p. 235-240.
22. Matiddi M, deLucia GA, Silvestri C, Darmon G, Tomas J, Pham CK. Data collection on marine litter ingestion in sea turtles and thresholds for good environmental status. *J Vis Exp.* 2019; 18(147).
23. Domenech F, Aznar F, Raga J, Tomás J. Two decades of monitoring in marine debris ingestion in Loggerhead Sea Turtle, *Caretta caretta*, from the Western Mediterranean. *Environ Pollut.* 2019;(244): p. 367-378.
24. Muhammad B, Shahid M, Iqbal HMN. The Beast of Beauty: Environmental and Health Concerns of Toxic Components in Cosmetics. *Cosmetics.* 2020 Febrero; 1(13).
25. Anagnosti L, Varvaresou A, Pavlou P, Protopapa E. Worldwide actions against plastic pollution from microbeads and microplastics in cosmetics focusing on European polices. Has the issue been handled effectively? *Mar. Poll. Bull.* 2021; 162: p. 162-177.
26. Napper IE, Bakir A, Rowland SJ, Thompson RC. Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics. *Mar. Pollut. Bull.* 2015 julio; 15(99): p. 178–185.
27. Malysa A, Witkowska M. The influence of different types of abrasives on the properties of emulsion-based scrubs. Poznan: Facultad de ciencias y

- diseño de materiales. University of Technology and Humanities in Radom, Departamento de física y química inorgánica.; 2020.
28. Dauvergne P. The power of environmental norms: marine plastic pollution and the politics of microbeads. *Env. Pol.* 2018 Marzo; 27.
 29. Stoll T, Stoett P, Vince J, Hardesty BD. Governance and measures for the prevention of marine debris. Rocha-Santos T, Costa M, Mouneyrac C, editors.: Springer, Cham; 2020.
 30. Xanthos D, Walker TR. International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. *Mar Pollut Bull.* 2017; 118(1-2): p. 17-26.
 31. Anagnosti L, Varvaresou A, Pavlou P, Protopapa E. Microplastics in cosmetics. *Epitheorese Klinikes Farmakologias kai Farmakokinetikes.* 2020; 38(1): p. 79-89.
 32. Gasperi J, Wright SL, Dris R, Collard F, Mandin C, Guerrouache M, et al. Microplastics in air: Are we breathing it in?. *Curr. Opi. Env.Sci. & He.* 2018; 1: p. 1-5.
 33. Sun Q, Ren SY, Ni HG. Incidence of microplastics in personal care products: An appreciable part. *Science of the Total Environment.* 2020; 742.
 34. Gouin T, Avalos J, Brunning I, Brzuska K, Graaf J, De Kaumanns J, et al. Use of microplastic beads in cosmetic products in Europe and their estimated emissions to the North Sea environment. *SOFW J.* 2015; 141(3): p. 40-46.
 35. Statista. statista. [Online].; 2013 [cited 2013 3 23. Available from: <http://www.statista.com/statistics/302541/scrubs-and-masks-usagefrequency->.
 36. Praveena SM, Shaifuddin SNM, Akizuki S. Exploration of microplastics from personal care and cosmetic products and. *Marine Pollution Bulletin.* 2018; 136: p. 135–140.
 37. Cheung PK, Fok L. Characterisation of plastic microbeads in facial scrubs and their estimated emissions in Mainland China. *Water research.* 2017 Mayo; 1(122): p. 53-61.
 38. Fendall LS, Sewell MA. Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Mar Pollut Bull.* 2009; 58(8): p. 1225–1228.

39. Gouin T, Roche N, Lohmann R, Hodges G. A thermodynamic approach for assessing the environmental exposure of chemicals absorbed to microplastic. *Environ Sci Technol*. 2011; 45(4): p. 1466–1472.
40. Eurostat. Esurostat. [Online].; 2019 [cited 2020 Enero 15. Available from: <https://ec.europa.eu/eurosta>.
41. L'Haridon J, Martz P, Chenéble J, Campion J, Colombe L. Ecodesign of cosmetic formulae: methodology and application. *Int J Cosmet Sci*. 2018; 40(2): p. 165–177.
42. Simanovsk J, Grigale-Soročina Z. Design for sustainability approach in product development – a case study using innovative nail polishes developed by a small enterprise. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*. 2016; 65(3): p. 297–303.

