

# ANÁLISIS DE MICROPLÁSTICOS EN CREMAS EXFOLIANTES



**Autora: Sara Díaz de la Fuente**

**Tutora: M<sup>a</sup> Jesús Díez Arias**

**Curso 2021/2022**

## AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, me gustaría agradecer a todas aquellas personas e instituciones que han hecho posible la realización de este proyecto, ya que su apoyo, tiempo y dedicación han sido cruciales en este largo camino.

Al centro IES Arquitecto Ventura Rodríguez y a su equipo directivo, por haberme brindado la oportunidad de hacerlo.

Al Departamento de Física y Química, así como al de Biología, por haberme proporcionado los materiales necesarios para llevar a cabo la parte práctica.

A la farmacia ubicada en Siglo XXI, Boadilla del Monte, Madrid, porque generosamente me permitieron acceder a su laboratorio para utilizar una báscula de precisión.

Especialmente a mi tutora, M<sup>a</sup> Jesús Diez Arias, ya que ha estado ahí de principio a fin, guiándome y ayudándome. Su apoyo, consejos y entrega han sido imprescindibles en el desarrollo del proyecto.

A todos los profesores que directa o indirectamente me han ayudado a realizarlo, al aportar sus puntos de vista, así como conocimientos.

A mis compañeros de clase y amigos, que me han apoyado y animado durante todo el proceso.

Y a mi familia, por estar siempre a mi lado y por sus críticas constructivas, que han sido muy útiles.

## ABSTRACT

Plastic, a cheap material, easy to produce and very versatile, has colonized our lives almost everywhere on the planet. Both, its use and its industrial production are growing at a tremendous rate. They have a very long life cycle and they do not degrade completely, but rather fragment into tiny particles, less than 5mm in diameter, known as microplastics (MPs). It turns out that these microparticles are invading our seas and oceans, the air we breathe and the food we eat, by following the food chain.

This plastic contamination threatens global biodiversity by putting at risk marine wildlife and birds, who mistake MPs for food, as well as human health, because of our exposure to these pollutants through ingestion or by inhalation. The risks associated with MPs go beyond the microparticle in itself and the physical accumulation. We must consider the contribution of these to the storage of chemical and toxic pollutants too, as they adhere to MPs causing adverse effects to human health. Nevertheless, the level of risk that the exposure to MPs entails for our wellbeing cannot be determined yet, as it is still under study.

As a consequence of their small dimensions, the identification and characterization of MPs is not easy. In this project, the presence of MPs has been confirmed in personal care products, specifically in facial scrubs, later pointing out the physical characteristics of the isolated microparticles.

Firstly, a review of important concepts related to MPs was carried out, including notions about their different sources of origin and the problems they create. Secondly, the MPs were extracted from four facial scrubs of well known brands that we can find in any local supermarket. Lastly, the MPs concentration and/or content of each of the products was determined, and they were characterized by microscopic analysis, complemented with digital photography. The pictures, which were seen with a computer that was connected to a microscope, allowed us to observe the microparticles through high definition images. This facilitated the morphological analysis, as the pictures taken could be manipulated and filed. The microparticles were classified according to their colour, shape and size.

The MPs observed were fibers, circular and irregular shapes, of all kinds of colours ranging from striking ones, such as blue or red, to more neutral and darker colours like brown or black. The sizes varied from 16,79  $\mu\text{m}$  to 346,56  $\mu\text{m}$ , and the highest MPs concentration of the facial scrubs was 20%, meaning it contained 408 plastic particles per gram of product.

# Índice

- **AGRADECIMIENTOS**
- **ABSTRACT**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.1. Justificación y Objetivos .....	3

## **MARCO TEÓRICO**

<b>2. HISTORIA DEL PLÁSTICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. Plásticos de uso común .....	5
2.2. La contaminación plástica.....	5
<b>3. ¿QUÉ SON LOS MICROPLÁSTICOS? .....</b>	<b>7</b>
3.1. Clasificación de los MPs .....	7
3.2. El peligro de los MPs .....	7
<b>4. MICROPLÁSTICOS EN PRODUCTOS COSMÉTICOS .....</b>	<b>9</b>
4.1. Historia.....	9
4.2. Importancia de la reducción de MPs en cosméticos .....	9
4.3. Normativa .....	10
4.4. Reconocimiento de MPs .....	11

## **MARCO PRÁCTICO**

<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
5.1. Elección de cremas exfoliantes .....	12
5.2. Materiales .....	13
5.3. Procedimiento experimental.....	14
5.4. Concentración de MPs .....	16
5.5. Análisis de los resultados .....	18
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>18</b>
<b>7. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>21</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El plástico, considerado uno de los avances más significativos para la humanidad, es hoy, uno de los materiales más utilizados por sus diversas propiedades, bajo coste, múltiples usos... Desde la década de los cincuenta, tanto la producción como su consumo, ha aumentado de manera drástica, siendo su producción total hasta la actualidad de 8300 millones de toneladas que equivale a unos mil millones de elefantes.

Nos enfrentamos a un material que perdura en nuestro planeta casi indefinidamente; cada año se producen 500 mil millones de botellas de plástico y cada una de ellas puede tardar hasta mil años en descomponerse. Esa lenta descomposición supone una gran amenaza ya que en el proceso se liberan lo que se conoce como microplásticos (MPs<sup>1</sup>), diminutos fragmentos (< 5 mm) que pueden llegar a ser invisibles para el ojo humano. A su vez, los microplásticos pasarán a ser nanoplásticos (1-100 nm), por lo que a ciencia cierta es imposible predecir la duración de la desintegración total de un producto plástico.

La mayor parte de los plásticos llegan a nuestros mares y ríos, donde se descomponen lentamente, hasta formar miles de MPs que pueden ser ingeridos accidentalmente por la biota marina. La acumulación en el medio y su incorporación a la cadena trófica hacen que estas sustancias nocivas, que contienen químicos tóxicos como el bisfenol A, sean una amenaza silenciosa para los ecosistemas, para nuestra salud, y por tanto, para la vida.

Los MPs, además de formarse a partir de la degradación de residuos plásticos de diferentes formas y tamaños, también pueden haber sido fabricados por el hombre con un propósito concreto. Es el caso de los MPs incorporados a los productos de cuidado personal: exfoliantes, champús, geles de baño, pastas de dientes, maquillajes, cremas... Se calcula que en cada bote de 100 ml, de cualquiera de estos productos, puede haber entre 130.000 y 2,8 millones de dichas partículas.

Tras publicarse por la Comisión Europea, la Directiva (UE) 2019/904 de 5 de junio de 2019, que obliga a reducir el uso de MPs, el Gobierno español ha implementado el Anteproyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados que, entre otras cosas, prohibirá los cosméticos y detergentes que contengan MPs añadidos intencionadamente para el 3 de julio de 2021.

---

<sup>1</sup> *MPs = microplásticos*

## 1.1. Justificación y Objetivos

El objetivo del proyecto es confirmar la incorporación de MPs en los productos de higiene personal que contribuyen a agravar el problema de la contaminación por plásticos. Particularmente se centrará en las cremas exfoliantes, debido a que son productos que al desecharse por el desagüe, llegan a la red de alcantarillado donde los sistemas de filtración no pueden retenerlos por su reducido tamaño y terminan en lagos, ríos y mares causando graves problemas medioambientales, de los que destacamos la contaminación de ecosistemas y riesgos toxicológicos derivados de las rutas de los MPs: la incorporación a la cadena trófica y cómo estos afectan a los seres vivos y, en consecuencia, a los seres humanos.

Se filtrarán las suspensiones preparadas con diferentes marcas de exfoliantes, para extraer los MPs y, más tarde, mediante observación al microscopio, se analizarán las características físicas de los MPs extraídos: formas, colores y tamaños predominantes, para finalmente determinar el número de partículas por gramos de producto y el porcentaje en masa de MPs en cada uno de ellos.

El trabajo se estructurará de la siguiente manera: primero, se abordará el marco teórico, necesario para la comprensión del estudio que tratará el tema de los MPs y los graves problemas que estos acarrearán, centrándose en el papel que ejercen dentro de la cosmética. Más tarde, en la parte experimental, se intentará confirmar la hipótesis de que, en efecto, aunque supuestamente ya se han retirado el 95% de los MPs agregados intencionadamente, estos siguen apareciendo en un porcentaje significativo de los ingredientes de los exfoliantes. También se intentará ratificar el cumplimiento de las normativas expuestas anteriormente.

Teniendo un gran interés y curiosidad por lo que queda por clarificar en el campo de los MPs, la amenaza que suponen para el medio natural y la salud de las personas y tras haber leído sobre el “Anteproyecto de Ley de Residuos y Suelos contaminados”, proyecto del Ministerio de Transición ecológica, se eligió este tema de relevancia actual.

# MARCO TEÓRICO

## 2. HISTORIA DEL PLÁSTICO

*“La nuestra será recordada como la era de los polímeros”,  
dijo el premio Nobel de Química Paul Jhon Flory*

La palabra plástico proviene del griego “plastikós”, adjetivo que se refiere al arte de modelar o dar forma, y que hace alusión a la facilidad con la que estos materiales sintéticos pueden moldearse en caliente para darles la forma deseada y fabricar casi cualquier artículo imaginable.

El avance del plástico se inició con el uso de materiales naturales con propiedades plásticas, como por ejemplo la goma. Más tarde, se modifican los materiales naturales incorporando sustancias químicas para que tengan ciertas propiedades, dando lugar a materiales sintéticos que son los que hoy en día conocemos como plásticos.

Su producción ocurre mediante un proceso de polimerización, una reacción química en la que pequeñas moléculas orgánicas, denominadas monómeros<sup>2</sup>, se unen entre sí formando polímeros, es decir, largas cadenas de átomos en la que se repite la estructura básica.

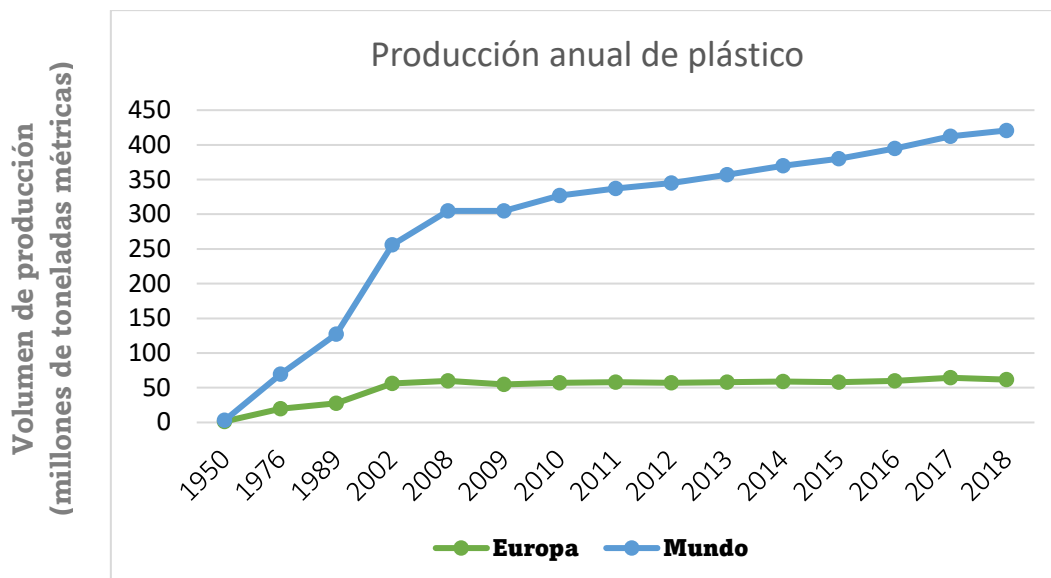
Cuenta la historia que el desarrollo del plástico se inició en 1860 en EEUU, cuando un fabricante de bolas de billar ofreció una gran cantidad de dinero, 10.000 dólares, a quien encontrara un sustituto del marfil natural que era con lo que se hacían las bolas de billar en aquel momento. Optando al premio, que no consiguió finalmente, John W. Hyatt desarrolló un producto patentado con el nombre de celuloide<sup>3</sup>.

Ya para los años 80, la producción de plásticos se había intensificado y diversificado, desafiando a los materiales tradicionales como la madera o el vidrio y siendo una de las principales industrias del mundo.

---

<sup>2</sup> Monómero = molécula simple de bajo peso molecular.

<sup>3</sup> Celuloide = fue utilizado durante mucho tiempo en la fabricación de objetos como peines, muñecos o bolas de ping-pong, pero se acabó sustituyendo por materiales menos inflamables.

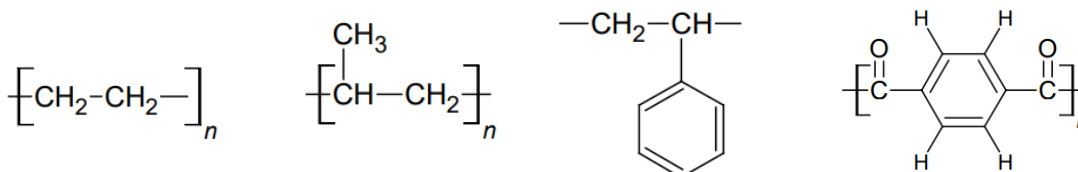


Producción de plástico a nivel mundial y en Europa hasta el 2018<sup>4</sup>

La producción anual de plástico ha superado los 400 millones de toneladas. Se ha disparado de tal forma que en la última década se ha fabricado más plástico que en toda la historia de la humanidad. España es el cuarto país de la UE con más demanda de plásticos y el quinto mayor productor.

## 2.1. Plásticos de uso común

El polietileno (PE) es el plástico más habitual y abundante, perteneciendo más de un tercio de todos los que se producen y venden a esta familia de plásticos. Seguidamente, se encuentra el tereftalato de polietileno (PET), comúnmente utilizado en los envases de bebidas y cuya producción aumenta en un 6% cada año. Otros plásticos populares son el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), y el policloruro de vinilo (PVC), entre otros.<sup>5</sup>



Polietileno (PE)

Polipropileno (PP)

Poliestireno (PS)

Polietilentereftalato (PET)

Estructura de monómeros de algunos plásticos de uso común

<sup>4</sup> \*Anexo: distribución mundial de la producción de plástico

<sup>5</sup> \*Anexo: tabla plásticos de uso común



## 2.2.La contaminación plástica

Cada año llegan a nuestros mares y océanos cerca de 13 millones de toneladas de plástico, lo que equivale a un camión de basura vaciándose en el mar cada minuto. Nuestros mares se han convertido en un vertedero de plástico. Hay tal cantidad de plásticos que se han formado 5 islas inmensas en los giros oceánicos<sup>6</sup>, concretamente, la del Pacífico Norte, es del tamaño de España, Francia y Alemania juntas.



*Contaminación plástica (Fuente: Valenciaplaza, 2018)*

Este material no se degrada del todo, sino que se fragmenta en partículas diminutas de menos de 5 mm de diámetro o de longitud, los microplásticos (MPs), que están invadiendo mares y océanos, están en el aire que respiramos y en alimentos que comemos, por la ruta que siguen a través de la cadena alimentaria.

Por tanto, el problema del plástico es su disposición final<sup>7</sup> tras su uso, ya que tarda miles de años en degradarse y en el proceso libera sustancias químicas, como el metano que contribuyen al calentamiento global del planeta.

Según la ONU los plásticos diezman los ecosistemas marinos que, entre otras cosas, albergan el 80% de toda la vida en la Tierra, y producen entre un 50% y un 80% del oxígeno que respiramos. La alteración de estos supone un gran riesgo para la sociedad, es por ello, que la reducción en su producción y consumo es un asunto de suma importancia.

Además, en todas las técnicas de manejo de residuos plásticos<sup>8</sup>, siempre quedan diminutos restos, los microplásticos.

---

<sup>6</sup> *Giros Oceánicos = son 5 vórtices de corrientes marinas causadas por la circulación del viento entre los continentes.*

<sup>7</sup> *Anexo: Ciclo de vida del plástico*

<sup>8</sup> *Anexo: Manejo de residuos plásticos*

### 3. ¿QUÉ SON LOS MICROPLÁSTICOS?

Los microplásticos son fragmentos de plástico que poseen un tamaño inferior a 5 mm. Atendiendo a su origen se clasifican en primarios y secundarios.

#### 3.1. Clasificación de los MPs

Los MPs primarios representan entre un 13-31% y son los que se fabrican intencionadamente como tales y luego se añaden a diferentes productos: cosméticos, pinturas plásticas, limpiadores abrasivos, etc.

Los MPs secundarios son los que provienen de la fragmentación y degradación de materiales plásticos de mayor tamaño, o por desprendimiento de éstos: bolsas, botellas, tapones, cuerdas, redes de pesca, desgaste de neumáticos, lavado de fibras textiles, etc.

La degradación de los plásticos supone cambios en la estructura química del polímero, rotura de enlaces en las cadenas y/o entrecruzamientos por la acción de agentes externos, ya sean físicos o químicos, afectándose las propiedades del material.

Los procesos de degradación en los materiales plásticos son enormemente lentos y la extensión en la que se producen dependerá del tipo de plástico, de su forma, de su tamaño, y de las condiciones ambientales a las que esté expuesto. La temperatura, la cantidad de luz ultravioleta, el continuo vaivén de las olas del mar, así como la incorporación de aditivos químicos, son factores de gran influencia.

#### 3.2. El peligro de los MPs<sup>9</sup>

Dado el continuo aumento del uso de plásticos, se prevé que la concentración de MPs en el medioambiente crezca, ya que una vez liberados son casi imposibles de recolectar y perduran casi indefinidamente. La ONU declaró en 2017 que hay alrededor de 50.000 millones de partículas microplásticas en el mar, 500 veces más que el número de estrellas de nuestra galaxia.

---

<sup>9</sup> Anexo: Principales mecanismos de difusión de los microplásticos e interacciones biológicas.

Estudios recientes han observado MPs en alimentos que consumimos diariamente como la sal, la miel o el agua del grifo. A su vez, se ha detectado que estos son consumidos por más de 220 especies marinas, de las cuales más del 50% son comerciales, como las sardinas o el bacalao atlántico. Aunque realmente, el gran peligro son los crustáceos, los moluscos y los peces pequeños, ya que los consumimos enteros, sin desechar los intestinos y vísceras, donde se acumulan la mayor parte de los MPs.

En una investigación publicada por “Environmental Science and Technology”, se expuso a los moluscos, concretamente la vieira (*Pectum maximus*), a elevadas cantidades de MPs, mostrando que en tan solo 6 h estas partículas ya habían sido absorbidas y se encontraban presentes en los órganos principales. También se demostró que las partículas de 250 nm tardaron 48 días en desaparecer.

Al ser los MPs partículas minúsculas, los organismos filtradores las asimilan en gran cantidad y estos, al ser ingeridos por animales cada vez más grandes de la red trófica, se van acumulando hasta llegar a los alimentos que consumimos diariamente.

Así, mediante la cadena alimenticia, los MPs llegan hasta nuestros platos. De hecho, ya se han hallado en heces humanas y en la placenta de mujeres embarazadas. Actualmente hay un conocimiento limitado, respecto a cómo afectaría su ingesta al ser humano, debido a que las cantidades de las que estamos hablando son mínimas. No obstante, la FAO<sup>10</sup> asegura que en el medio acuático, una exposición permanente a MPs repercute negativamente en la fecundidad, la supervivencia larvaria y en el desarrollo, por lo que no es absurdo pensar que a largo plazo, el control sobre los MPs va a ser decisivo para nuestro futuro.

Aparte de lo expuesto, otro problema viene dado por la composición química de los plásticos, los aditivos que contienen y/o los contaminantes orgánicos e inorgánicos que se encuentran en el mar y que se adhieren a ellos, como por ejemplo algunos pesticidas. Estos se incorporan al sistema digestivo de los animales, al agua y llegan a nuestros cuerpos pudiendo causar efectos crónicos en la salud humana, incluyendo: disrupciones endocrinas, mutagenicidad<sup>11</sup> y carcinogénesis<sup>12</sup>. En otras palabras, los MPs podrían suponer una vía de transporte de químicos tóxicos a través de la cadena alimenticia.

---

<sup>10</sup> FAO= Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

<sup>11</sup> Mutagenicidad= cambios genéticos

<sup>12</sup> Carcinogénesis= cáncer

## 4. MICROPLÁSTICOS EN PRODUCTOS COSMÉTICOS

Los MPs están presentes en productos cosméticos como los jabones o geles de ducha, pastas de dientes, cremas y otros productos de higiene personal. En algunos casos suponen una cantidad irrelevante de los ingredientes, pero en otros, como en las cremas exfoliantes, pueden llegar a suponer hasta un 90%.

### 4.1. Historia

En el Antiguo Egipto, hace más de 6000 años, ya se utilizaban técnicas de exfoliación. Con ingredientes como aceites de origen animal y sales formaban mejunjes, que al frotarlos con el cuerpo y la cara, eliminaban las impurezas y dejaban la piel suave y limpia. Así mismo, los griegos, antes de bañarse, también lo hacían con arenas.

En la actualidad, en lugar de usar materias primas como los huesos o pepitas de frutas, se utilizan partículas plásticas, microplásticos, con el mismo propósito. A los MPs se incorporan aditivos para conseguir las propiedades y características deseadas.

En la industria cosmética, en vez de MPs, se habla de microesferas, microperlas, microcápsulas, nanoesferas y nanocápsulas, dependiendo del tamaño:

PARTÍCULAS	RANGO DE TAMAÑO ( $\mu\text{m}$ )
Microperla	1 – $10^3$
Microesfera	1 – $10^3$
Microcápsula	1 – 2
Nanoesfera/cápsula	0,01 – 1

*Tamaño de las partículas plásticas usadas en cosmética*



*Microesferas en crema exfoliante*

### 4.2. Importancia de la reducción de MPs en cosméticos

Aproximadamente, un bote de 100 ml de cualquier producto cosmético, puede llegar a incluir hasta 2.8 millones de microperlas o microesferas. Cuando el 70% de los españoles usa productos cosméticos en su día a día, según una encuesta realizada por la Asociación

Nacional de Perfumería y Cosmética (Stanpa), empezamos a hablar de cantidades de MPs que sí suponen un riesgo, tanto para el medioambiente como para la salud humana.

En el año 2012, según un estudio realizado en Rusia, se utilizaron 4.360 toneladas de MPs en productos de cosmética en la Unión Europea, Noruega y Suiza.

Se le está otorgando una gran importancia, en particular a estos productos, porque el 100% de estos se deshecha por el desagüe, llegando a la red de alcantarillado donde no son retenidos por los filtros de las depuradoras debido a las diminutas dimensiones de los MPs y, por tanto, acaban en ríos, mares y océanos. Además, las microesferas que se suelen utilizar en cosmética son de polietileno (PE), cuya densidad es menor que la del agua, por lo que flotan. Esto hace que los MPs se encuentren al alcance del plancton, de la biota marina y de las larvas de pescado.

### 4.3. Normativa <sup>13</sup>

La preocupación por la presencia de MPs en el medioambiente ha activado la legislación sobre el plástico, especialmente con normas para restringir el uso intencionado de MPs en productos comercializados en la UE.

Obama firmó la “*Microbead-Free Waters Act*”, convirtiendo en 2017 a EEUU, en el primer país en prohibir la fabricación, uso y comercio de productos de higiene personal que contengan microperlas. Más tarde, otros países como Nueva Zelanda o el Reino Unido establecieron medidas similares.

En 2019, la Agencia Europea de Productos Químicos (ECHA), llevó a cabo una investigación en la que se evaluó el riesgo de los MPs en la salud humana. Aunque no se pudo calcular el daño causado por estos, este organismo señaló el riesgo que pueden suponer y, ante tal hallazgo, la Comisión Europea publicó la Directiva (UE) 2019/904, de 5 de junio de 2019, que obliga a reducir su uso. Al ser su plazo de transposición el 3 de julio de 2021, el Gobierno español ha implementado el Anteproyecto de Ley de Residuos y Suelos

---

<sup>13</sup> Anexo: Legislación de la UE sobre los mps agregados intencionadamente (2018)

Anexo: Legislación sobre los mps agregados intencionadamente afuera de la UE (2018)

Contaminados (aprobado el 18 de mayo de 2021), para tratar de cumplir con los nuevos objetivos establecidos.

Fuera de la UE, la mayoría de los países han accedido a reducir el uso de plásticos, aunque no todos han concebido un programa para incorporarlo, como es el caso de España. China es un país crítico al que se le está presionando con gran ímpetu para que limite, tanto la producción como el consumo.

**Ley de residuos y suelos contaminados:** con el fin de impulsar una economía circular y baja en carbono en España, la propuesta normativa incluye por primera vez en la legislación española limitaciones a los plásticos de un solo uso, restringiendo su introducción al mercado y obligando a proporcionar cierta información al consumidor. Para reducir los envases de plástico de un solo uso se establece un impuesto sobre los mismos. Asimismo, entre otras cosas, fomenta la prevención de la generación de residuos, reforzando el orden de prioridad en las opciones de su gestión: prevención, reutilización, reciclado, otro tipo de valorización (ej. energética) y, por último, la eliminación.

En cuanto a los MPs, prohíbe los cosméticos y detergentes en los que se hayan añadido intencionadamente.

#### 4.4.Reconocimiento de MPs

Siguiendo la normativa europea, la entrada en vigor de la APL<sup>14</sup> es el 3 de julio, pero hay dudas de si en realidad se va a poder llevar a cabo. Por ello, es preciso difundir métodos de identificación de MPs, para reducir el consumo y, por tanto, la demanda, promoviendo así el cambio hacia una sociedad ecológica y libre de ellos.

Los plásticos más utilizados en cosmética son:

- Polietileno (presente en el 90% de los productos que contienen MPs) - (PE)
- Polipropileno - (PP)

---

<sup>14</sup> APL= **Acuerdo de Producción Limpia**; Es un convenio de carácter voluntario entre una empresa (sector productivo) y los organismos públicos competentes en materias ambientales, sanitarias, de higiene y seguridad laboral, eficiencia energética e hídrica y de fomento productivo, cuyo objetivo es aplicar la producción limpia a través de metas y acciones específicas en un plazo determinado acordado.

- Polietilentereftalato - (PET)
- Polimetacrilato de metilo - (PMMA)
- Poliestireno – (PS)
- Copolímero acrílico – (AC)
- Polietileno glicol – (PEG-n)

Para evitarlos, observa que el prefijo “poli-” no aparezca en la lista de los ingredientes.

Cabe citar algunas marcas conocidas, que todavía los incluyen intencionadamente en sus exfoliantes: Avene, Bioderma, Biotherm, Caudalie, Cien, Clerasil, Clinique, Essence, Elkos, Eucerin, Garnier, La Roche-Posay, Nivea, Niveau Visage, Shiseido, The Body Shop, Vichy, Yves Rocher...

## MARCO PRÁCTICO

### 5. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en los laboratorios de Química y Biología, ambos pertenecientes al IES Arquitecto Ventura Rodríguez, en Boadilla del Monte, Madrid.

#### 5.1. Elección de cremas exfoliantes

A mediados de junio de 2021, antes de la entrada en vigor del Anteproyecto, se compraron por Amazon cremas exfoliantes de composición y marca distinta, promocionadas como “Amazon’s choice”, es decir, de los productos más vendidos y mejor valorados. La composición química de estas se muestra a continuación:

##### A) “GARNIER SKIN ACTIVE”:

water, kaolin, glycerin, butylene glycol, zea mays starch / corn starch, decyl glucoside, CI 77499 / iron oxides, perlite, sodium laureth sulfate, peg-7 glyceryl cocoate, carrageenan, charcoal poder, citric acid, phenoxyethanol, polyglycerin-10, polyglyceryl-10 myristate, polyglyceryl-10 stearate, propyleneglycol, pumice, salicylic acid, sodium dehydroacetate, sodium hydroxide, sorbitol, tetrasodium edta, tocopherol, vaccinium myrtillus fruit extract, xanthan gum, zinc gluconate, parfum, fragrance



B) “CLEAN&CLEAR”:

Aqua, Glycerin, Sodium Laureth Sulfate, Cellulose, Lauryl Glucoside, Acrylates/C10-30, Alkyl Acrylate Crosspolymer, Hamamelis Virginiana, Alcohol, Laureth-4, Cocamidopropyl Betaine, Glycol Distearate, Disodium EDTA, Sodium Hydroxide, Citric Acid, Lactic Acid, Sodium Benzoate, Parfum  
 “Nuestro limpiador n° 1 contiene micropartículas naturales ultrasuaves”



C) “NEUTROGENA”:

PR-019215 Aqua, Sodium C14-16 Olefin Sulfonate, Cocamidopropyl Hydroxysulfate, Cellulose, Sorbitol, Acrylates Crosspolymer-4, Sodium Hydrolyzed Potato Starch Dodeceny Succinate, Cera Microcristallina, Salicylic Acid, Disodium Tetrapropenyl Succinate, Menthol, Polysorbate 20, Sodium Chloride, Disodium EDTA, Citric Acid, Glycolic Acid, Sodium Hydroxide, Parfum, CI 77510, CI 42053



D) “NIVEA MEN”:

Agua, celulosa microcristallina, cocamidopropyl betaine, sulfato de miretho sódico, copolímero acrilato, palmato de glicerilo hidrogenado PEG-200, glucósido, polvo de carbón, glicerina, cloruros de sodio, hidroxido de sodio, benfenone-4, lauril sódico sulfato, Trisodio EDTA, alcohol denat. (1.00%), fenoxietanol, metilparabeno, linalool, limoneno, perfume



## 5.2. Materiales

Para la realización de este trabajo se han utilizado los siguientes materiales:

- |                        |  |
|------------------------|--|
| ▪ Balanza de precisión | ▪ Agua pura                            |
| ▪ Varillas             | ▪ Filtros de membrana de policarbonato |
| ▪ Placa Petri          | ▪ Estufa                               |
| ▪ Desecador            | ▪ Matraz Kitasato                      |
| ▪ Embudo Büchner       | ▪ Succionador (bomba de vacío)         |
| ▪ Microscopio          | ▪ Cámara digital                       |
| ▪ Exfoliantes          | ▪ Vasos de precipitados                |

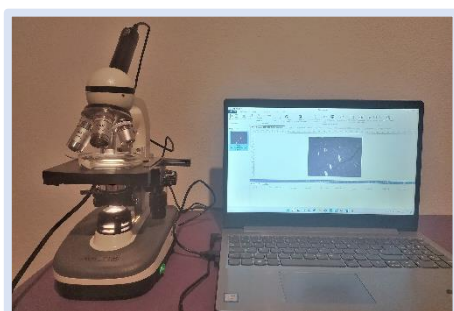


*Materiales utilizados*

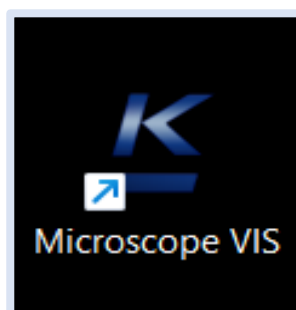


Con el fin de evitar contaminaciones cruzadas se utilizaron materiales de vidrio y/o cerámica y filtros de membrana de policarbonato, una película fina, lisa, plana, translúcida y con una distribución de tamaño bastante homogénea que facilita el examen de las muestras mediante microscopía.

Se utilizó una cámara digital de alta resolución. Esta se incorporó al microscopio en sustitución del ocular estándar y se conectó al ordenador con un cable USB, con objeto de poder fotografiar las partículas visionadas y guardar las imágenes en una base de datos para su posterior análisis. El procesamiento de las imágenes digitales se hizo con el software enlazado a la cámara, “Software Microscope VIS” que permitió realizar mediciones precisas sobre microfotografías ya calibradas.



*Microscopio con la cámara incorporada y conectado al portátil*



*Software Microscope Vis*



*Ejemplo de las mediciones realizadas en una partícula*

### 5.3.Procedimiento experimental

Se siguió un procedimiento que consistió en tres etapas: extracción de MPs, recogida de datos y análisis de los resultados.

#### 5.3.1. Extracción de MPs

Para extraer los microplásticos de los exfoliantes seleccionados, primero se procedió a preparar suspensiones acuosas de cada uno de los productos, con una concentración de 5 g/l, no demasiado alta para facilitar la detección y diferenciación de las partículas.

Para ello se pesaron 0,5 g de cada producto y se diluyeron en 100 mL de agua pura. Para la homogeneización de las suspensiones, se realizó primero una agitación manual y, después, se utilizó un agitador magnético con placa calefactora durante 15 min, a 1200 rpm y a 50°C.

Una vez homogeneizadas las suspensiones, se procedió a hacer una filtración a vacío, con 10 ml de cada una de las suspensiones, sobre filtros de membrana de policarbonato de 0,4 µm de tamaño de poro. Las partículas de tamaño inferior al del poro del filtro quedaron retenidas en este. Seguidamente, se trasladó cada filtro con las partículas retenidas en ellos, a una placa Petri para proceder al secado. Los filtros se secaron durante 2 horas en un horno previamente precalentado. Después se mantuvieron durante 24 h en un desecador a temperatura ambiente, utilizando como deshidratante cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>). Transcurrido ese tiempo y, por tanto, habiendo asegurado que los filtros se encontraban completamente secos, se pesaron estos para determinar la masa de micropartículas.

### 5.3.2. Caracterización de las partículas detectadas<sup>15</sup>

Para proceder a la caracterización de los MPs extraídos, los filtros secos se observaron al microscopio con diferentes aumentos, hasta conseguir imágenes nítidas, tratando de localizar las partículas de plástico buscadas que suelen ser de polietileno.

Se acopló una cámara digital de alta resolución al microscopio, con objeto de poder fotografiar las partículas visionadas y guardar las imágenes en una base de datos para su posterior análisis. Para el procesamiento de las imágenes digitales se utilizó el software enlazado a la cámara, “Software Microsoft VIS”.

Para la adecuación de la metodología de trabajo aplicada, y consciente, de que la sola observación al microscopio no asegura la correcta identificación de los MPs, por la diversidad de estos, se trataron de verificar tantas características plásticas como fueron posibles para una categorización precisa.

En la inspección visual, para una identificación más segura de MPs, se ha prestado especial atención a que las micropartículas detectadas no tuvieran estructuras celulares u orgánicas, que las fibras presentaran el mismo grosor en toda su longitud y que su coloración fuera más o menos homogénea.

Para diferenciar más claramente entre material plástico y materia orgánica, se recurrió, en ocasiones puntuales, a la prueba de la aguja caliente. En presencia de esta los materiales

---

<sup>15</sup> Anexo: Partículas detectadas en cada muestra

plásticos, que son flexibles, se enroscarán mientras que los materiales biológicos y otros no plásticos no lo harán.

Se observa una importante variedad de tamaños y formas, incluso entre los MPs de una misma muestra, con diferentes tonalidades. Todos estos parámetros se tabularon para analizar la frecuencia o dominancia en cada caso:

Muestra	Formas			Colores				Tamaños
	Esférica/ Ovalada	Fibra	Irregular	Traslúcido	Azul	Rojo	Otros	µm
A			■	■	■		■	77,06 – 346,56
B	■	■	■	■	■	■	■	27,37 – 110,90
C		■	■	■			■	16,79 – 117,19
D	■	■	■	■	■	■	■	10,01 – 218,60

*Morfología de los MPs hallados en cada una de las muestras*

#### 5.4. Concentración de MPs<sup>16</sup>

El porcentaje de MPs en cada producto, se halló a partir del dato de la masa de MPs después de pesar la muestra y el número de partículas por gramo de producto, se determinó siguiendo el protocolo establecido en el método de Napper et al., (2015). En dicho protocolo, todas las partículas extraídas de la muestra se consideran esféricas, algo que no se ajusta a la realidad, pero que se admite como aproximación válida para el cálculo que se quiere realizar. A partir de las tres ecuaciones establecidas en este método:

$$V_t = \frac{M_t}{D} \quad V_p = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \quad N = \frac{V_t}{V_p}$$

Donde:

$V_t$  = volumen total de MPs extraídos de cada exfoliante

<sup>16</sup> Anexo: Tabla de los resultados obtenidos

$M_t$  = masa de MPs extraídos de cada exfoliante (masa del filtro seco con los MPs)

$D$  = densidad del polietileno (valor medio entre 0,91 g/cm<sup>3</sup> y 0,97 g/cm<sup>3</sup>)

$V_p$  = volumen medio de una partícula

$r$  = radio hallado a partir del valor medio del diámetro determinado para diez partículas, por medio del “Software Microsoft VIS”<sup>17</sup>

$N$  = número de micropartículas en cada producto

Muestra	A	B	C	D
Radio medio (μm)	183,82	67,41	54,13	88,45
Radio medio (cm)	0,018382	0,006741	0,005413	0,008845
$V_t$ (cm <sup>3</sup> )	0,01064	0,001064	0,002128	0,001064
$M_t$ (g)	0,010	0,001	0,002	0,001
$V_p$ (cm <sup>3</sup> )	$2,602 \cdot 10^{-5}$	$1,283 \cdot 10^{-6}$	$6,644 \cdot 10^{-7}$	$2,899 \cdot 10^{-6}$

Tabla de los resultados obtenidos

Estimación del número de partículas en cada exfoliante y del % en masa:

Muestra	% masa	Nº partículas/g
A	20	408,92
B	2	829,31
C	4	3202,89
D	2	367,02

Resultados del % en masa y nº de partículas/g



Fibra roja perteneciente a la muestra B

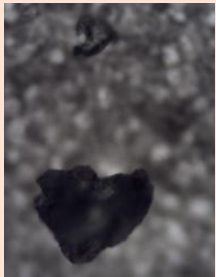



<sup>17</sup> Anexo: Radios de posibles MPs detectados

## 5.5. Análisis de los resultados

Para determinar lo que era un MPs y no algún compuesto natural presente en la crema facial, se tomaron en cuenta las siguientes características en las micropartículas:

- < 5 mm de tamaño.
- Sin estructuras celulares u orgánicas visibles.
- Normalmente poseen un color homogéneo.
- Generalmente las fibras suelen ser de igual grosor en toda su longitud, aunque a veces se pueden ver divisiones o deshilachados.

Los datos obtenidos indican que existen importantes variaciones en la morfología de los MPs presentes, incluso en una misma muestra. Las formas más usuales son micropartículas irregulares y fibras, con tamaños muy variados. Incluyen una amplia gama de colores, encontrando desde tonos más claros y amarillentos, hasta tonos más oscuros como grises, o colores más chillones como el azul y rojo.

MUESTRA	ANÁLISIS MORFOLÓGICO	INGREDIENTES POLIMÉRICOS	
A	Es la muestra más homogénea morfológicamente. Predominan las partículas irregulares, sólidas o con perforaciones (gris/negro), aunque se halló una de color turquesa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PEG-7 Glyceryl Cocoate</li> <li>• Trideceth-6</li> <li>• PEG-30 Stearate</li> </ul>	
B	Es la muestra más heterogénea. Se hallaron una gran variedad de micropartículas de diferentes formas, tamaños y colores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acrylates/C10-30 Alkyl Acrylate Crosspolymer</li> <li>• Laureth-4</li> </ul>	
C	Fue la única muestra en la que no se observó ningún caso de algún color vivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polysorbate 20</li> <li>• Acrylates Crosspolymer-4</li> </ul>	
D	Abundan las micropartículas esféricas de color azulado oscuro y de diámetros $\approx 15 \mu\text{m}$ , con un rango de tamaños muy amplio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acrylates Copolymer</li> <li>• PEG-40 Hydrogenated Castor Oil</li> <li>• PEG-20</li> </ul>	

*Morfología genérica de los MPs hallados en cada una de las muestras*

## 6. CONCLUSIONES

Se comprobó que efectivamente hay marcas comerciales que siguen incorporando MPs a sus productos. Dichas micropartículas fueron encontradas en las cuatro marcas seleccionadas, incumpliendo por tanto el Anteproyecto de Residuos y Suelos Contaminados, cuya entrada en vigor debiera haber sido el pasado mes de julio.

Por otro lado, la caracterización de los MPs extraídos ha supuesto desafíos constantes por la falta de entrenamiento en la visualización al microscopio, en el manejo de la cámara digital y por las partículas sospechosas de no ser material polimérico, que podrían darse como falsos positivos.

No se ha podido llegar a analizar la composición química de los MPs extraídos, por requerir de métodos espectroscópicos que están fuera de nuestras posibilidades en el laboratorio de Química del Centro. Por ello, el análisis visual no ha tenido el respaldo de las técnicas de análisis químico para validar la naturaleza polimérica de todas y cada una de las partículas, razón por la que muy probablemente se haya colado alguna que otra.

En la inspección visual se aprecian sobre todo fibras y formas irregulares. Las fibras suelen tener una longitud mucho mayor a la de las otras formas y suelen ser de colores llamativos, como el rojo o el azul, aunque también se han encontrado de tonos más neutros y oscuros: marrones, negros y grises. A excepción de varios casos, los MPs asimétricos tienden a ser de tonos oscuros. Hemos considerado que las de colores llamativos se corresponderían con micropartículas de naturaleza polimérica, mientras que las otras podrían corresponder a otros ingredientes presentes en el producto como pepitas de uva, celulosa microcristalina, cera microcristalina, perlita, o incluso, sustancias químicas que se adicionan para mejorar la viscosidad del producto y el poder abrasivo de los MPs al contacto con la piel: silicatos, óxidos de silicio, hierro, aluminio, magnesio...

De hecho, en las etiquetas de algunos de los productos puede verse que contienen, por ejemplo: celulosa, que al microscopio se aprecia como fibras de colores neutros y claros que podrían confundirse con MPs.

## 7. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Es innegable que la investigación científica es primordial, para seguir ahondando en el problema que constituyen los MPs y para identificar las soluciones. Es urgente que los métodos de análisis y los procedimientos para detectar, caracterizar y cuantificar MPs alcancen los estándares de calidad y el nivel de validación necesario que permita tomar decisiones efectivas para reducir el impacto de estos. Y también es necesario retirar progresivamente el plástico, en aquellas actividades o sectores donde no se esté haciendo un uso racional del mismo, para minimizar los impactos, tanto en nuestro entorno como en nuestra salud, derivados de la presencia masiva de MPs.

Se proponen como futuras líneas de investigación:

- Completar la práctica mediante espectroscopía, eliminando así errores que se hayan podido cometer involuntariamente, al caracterizar como MPs otras partículas no poliméricas, incorporadas a la composición de las cremas exfoliantes. Además, con esta técnica también se determinaría, qué clase de plásticos están presentes, por lo que sería un estudio más riguroso y completo.
- La luz, concretamente los rayos UV, provocan reacciones de degradación foto-oxidativa en los enlaces de las moléculas del plástico, haciendo que este sea más frágil por los cambios químicos inducidos en su estructura. Investigar qué pasaría si aumentásemos dicho factor a una mayor escala y bajo un tiempo determinado, para saber si esto podría suponer una eliminación total, sin restos de MPs.
- Relacionado con el punto anterior, investigar técnicas efectivas y viables para la eliminación de MPs. Además, promover acciones para eliminar su vertido al medioambiente y consecuentemente, reducir su impacto en la cadena trófica.
- Sabiendo que la ingesta media de plástico a la semana de una persona equivale a una tarjeta de crédito, es de vital urgencia indagar en las repercusiones que dicho consumo va a tener a largo plazo en nuestra salud.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ABC PACK. *Historia de los plásticos* < <https://www.abc-pack.com/enciclopedia/historia-de-los-plasticos/> > [Consulta: 06/06/2021]
- [2] AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE. ¿Hasta qué punto son ecológicos los nuevos productos de bioplástico, plástico biodegradable y plástico compostable que están empezando a utilizarse? <<https://www.eea.europa.eu/es/articles/hasta-que-punto-son-ecologicos>> [Consulta: 03/08/2021]
- [3] AGUA & MEDIO AMBIENTE. Fotodegradación <<http://agua-medioambiente.blogspot.com/2015/02/fotodegradacion.html#:~:text=El%20proceso%20de%20fotodegradaci%C3%B3n%20se,formaci%C3%B3n%20de%20radicales%20muy%20reactivos>> [Consulta: 10/09/2021]
- [4] AQUAE FUNDACIÓN. *¿Cuál es el tiempo de degradación de los residuos inorgánicos?* <<https://www.fundacionaquae.org/cuanto-tiempo-tardan-degradarse-desechos/>> [Consulta: 03/08/2021]
- [5] ARCHIVO 2000. *¿Quién inventó el plástico? ¿Cuándo apareció el primer plástico?* <<https://www.archivo2000.es/blog/quien-invento-el-plastico-cuando-aparecio-el-primer-plastico>> [Consulta: 11/06/2021]
- [6] ARÉVALO, E. (2012). “Los giros oceánicos y los desechos plásticos” en NRDC. Natural Resources Defense Council 2021 < <https://www.nrdc.org/es/experts/evelyn-arevalo/giros-oceanicos-desechos-plasticos> > [Consulta: 11/06/2021]
- [7] BELLEZA POR UN PROPÓSITO. *Historia de los productos exfoliantes* <<http://avonblog.pacificaiman.com/historia-de-los-productos-exfoliantes/>> [Consulta:]
- [8] BMI MACHINES. Cinco tipos de plásticos que usas en tu día a día < <https://www.bmimachines.com/cinco-tipos-de-plasticos-que-usas-en-tu-dia-a-dia/>> [Consulta: 20/06/2021]



- [9] BUSCAYA, O. (2020). “Más de 10 millones de toneladas se vierten al mar cada año” en *ecoticias.com*. Grupo ECOticias S.L. <<https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/200170/millones-toneladas-plastico-vierten-cada-ano-oceanos#:~:text=ContactarM%C3%A1s%20de%2010%20millones%20de%20toneladas%20de%20pl%C3%A1stico%20se%20vierten,impacto%20en%20los%20ecosistemas%20marinos>> [Consulta: 5/06/2021]
- [10] (2020). “China prohibirá ciertos plásticos de un solo uso para reducir los desechos contaminantes” en *SWI swissinfo.ch* <<https://www.swissinfo.ch/spa/china-prohibir%C3%A1-ciertos-pl%C3%A1sticos-de-un-solo-uso-para-reducir-los-desechos-contaminantes/45504836>> [Consulta: 10/07/2021]
- [11] COPROCESAMIENTO.ORG. *Disposición de residuos plásticos* <<https://coprocesamiento.org/disposicion-de-residuos-plasticos/>> [Consulta: 23/06/2021]
- [12] CORROISONPEDIA. Photodegradation <<https://www.corrosionpedia.com/definicion/5812/photodegradation>> [Consulta: 10/09/2021]
- [13] DIRECTO AL PALADAR. *¿Qué es y qué hace la FAO?* <<https://www.directoalpaladar.com/otros/que-es-y-que-hace-la-fao>> [Consulta: 27/06/2021]
- [14] EL INDEPENDIENTE. *Los moluscos acumulan nanoplasticos al poco de empezar a nadar entre ellos* <<https://www.elindependiente.com/futuro/2018/12/03/moluscos-acumulan-microplasticos-cuerpo-al-poco-nadar/>> [Consulta: 20/06/2021]
- [15] ESCOBAR, V. (2016). “Degradación de contaminantes” en *Crónica.com.mx*. La Crónica Diaria S.A de C.V. <<https://www.cronica.com.mx/notas/2016/988450.html>> [Consulta: 11/07/2021]
- [16] ESPAÑA. Arranca la tramitación de la Ley de Residuos para impulsar una economía circular, mejorar la gestión de residuos en España y luchar contra la contaminación. 2 de junio de 2020, p. 1-9 <[https://www.miteco.gob.es/es/prensa/200602nparrancalatramitaciondelapresiduos\\_tcm30-509541.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/prensa/200602nparrancalatramitaciondelapresiduos_tcm30-509541.pdf)> [Consulta: 10/07/2021]
- [17] ESTÉVEZ, R. (2013). “Los tipos de plástico más habituales” en *ECO Inteligencia*. EcoInteligencia <<https://www.ecointeligencia.com/2013/12/tipos-de-plasticos-habituales-1/>> [Consulta: 2/09/2021]

- [18] EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (2019). *Annex xv Restriction report Proposal for a restriction*. Version number 1.2. Finlandia: echa.europa.eu <<https://echa.europa.eu/documents/10162/05bd96e3-b969-0a7c-c6d0-441182893720> > [Consulta: 26/06/2021]
- [19] EXPANSIÓN. *ABC del ciclo de vida del plástico* <<https://expansion.mx/bespoke-ad/2019/09/19/abc-del-ciclo-de-vida-del-plastico> > [Consulta: 11/06/2021]
- [20] GOBIERNO DE ESPAÑA. Arranca la tramitación del anteproyecto de Ley de Residuos para impulsar una economía circular, mejorar la gestión de residuos en España y luchar contra la contaminación <<https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/arranca-la-tramitaci%C3%B3n-del-anteproyecto-de-ley-de-residuos-para-impulsar-una-econom%C3%ADa-circular-mejorar-la-gesti%C3%B3n-de-residuos-en-espa%C3%B1a-y-luchar/tcm:30-509531> > [Consulta: 26/06/2021]
- [21] GREENPEACE. El plástico ha inundado nuestra vida diaria: podemos encontrarlo en envases de productos, ingredientes de cosméticos, el textil de la ropa, materiales de construcción y todo tipo de usos <<https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/>> [Consulta: 8/06/2021]
- [22] GREENPEACE. Los bioplásticos no solucionan la contaminación por plásticos <<https://es.greenpeace.org/es/noticias/los-bioplásticos-no-solucionan-la-contaminación-por-plásticos/> > [Consulta: 03/08/2021]
- [23] GREENPEACE. *¿Cómo llega el plástico a los océanos y qué sucede entonces?* <<https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/como-llega-el-plastico-a-los-oceanos-y-que-sucede-entonces/> > [Consulta: 08/06/2021]
- [24] GREENPEACE. *Datos sobre la producción de plásticos* <<https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/> > [Consulta: 08/06/2021]
- [25] GREENPEACE. PLÁSTICOS <<https://es.greenpeace.org/es/trabajamosen/consumismo/plasticos/>> [Consulta: 16/06/2021]
- [26] <https://es.statista.com/grafico/21899/distribucion-de-la-produccion-mundial-de-plastico-por-region-en-2018/> > [Consulta: 16/07/2021]

- [27] IBERDROLA. *DESCUBRE LAS ISLAS DE PLÁSTICO QUE CONTAMINAN NUESTROS MARES* <<https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/las-5-islas-de-basura-en-el-mundo>> [Consulta: 23/06/2021]
- [28] JOHNSON&JOHNSON. *Clean & Clear* <<https://www.jnjconsumer.es/clean-and-clear>> [Consulta: 15/07/2021]
- [29] NACIONES UNIDAS. *Los microplásticos en el pescado y los mariscos, ¿deberíamos preocuparnos?* <<https://news.un.org/es/story/2019/07/1460041>> [Consulta: 17/06/2021]
- [30] NOTICIAS PARLAMENTO EUROPEO. *Microplásticos: causas, efectos y soluciones* <<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20181116STO19217/microplasticos-causas-efectos-y-soluciones>> [Consulta: 5/07/2021]
- [31] NOYA, C. (2018). “Día Mundial de los Océanos: 13 millones de toneladas de plásticos al año se arrojan a los océanos” en *Fundación vida silvestre*. WWF. <[https://www.vidasilvestre.org.ar/sala\\_redaccion/?uNewsID=18200](https://www.vidasilvestre.org.ar/sala_redaccion/?uNewsID=18200) > [Consulta: 23/06/2021]
- [32] PEINADO, M. (2019). “¿Quién produce el oxígeno que respiramos? La respuesta flota en los mares” en *El País*. Ediciones El País S.L. <[https://elpais.com/sociedad/2019/10/03/actualidad/1570112232\\_662167.html](https://elpais.com/sociedad/2019/10/03/actualidad/1570112232_662167.html)> [Consulta: 17/07/2021]
- [33] PIZARRO, F. (2021). ¿En qué se parecen los fotones y los electrones? En *Quora*. <<https://es.quora.com/En-que-se-parecen-los-fotones-y-electrones#:~:text=Si%20un%20electr%C3%B3n%20situado%20en,electr%C3%B3n%20es%20una%20part%C3%ADcula%20f%C3%ADsica.&text=Los%20electrones%20tienen%20masa%20los,carga%20el%C3%A9ctrica%20los%20fotones%20no> > [Consulta: 10/09/2021]
- [34] PLASTICS EUROPE PRODUCTORES DE MATERIAS PLÁSTICAS. *¿Qué es el plástico?* <<https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics> > [Consulta: 08/06/2021]
- [35] PLASTICS EUROPE PRODUCTORES DE MATERIAS PLÁSTICAS. *El plástico: una historia de más de 100 años de innovación* <<https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics/history> > [Consulta: 08/06/2021]

- [36] PLASTICS MAKE IT POSSIBLE. *What are plastics?*  
 <<https://www.plasticmakeitpossible.com/about-plastics/types-of-plastics/what-are-plastics/>> [Consulta: 08/06/2021]
- [37] POLIMER TECNIC. *Origen del plástico* <<https://www.polimertecnic.com/origen-del-plastico/#:~:text=Cuenta%20la%20historia%20que%20el,para%20fabricar%20bolas%20de%20billar.&text=Para%201907%2C%20Leo%20Baekeland%20inventa,como%20el%20primer%20pl%C3%A1stico%20termoestable>> [Consulta: 08/06/2021]
- [38] POLLUTION SOLUTIONS ONLINE. *What is plastic photodegradation?*  
 <<https://www.pollutionsolutions-online.com/news/waste-management/21/breaking-news/what-is-plastic-photodegradation/35801>> [Consulta: 10/09/2021]
- [39] PÚBLICO. *Hallan por primera vez microplásticos en los mejillones de Vigo y del Cantábrico*  
 <<https://www.publico.es/ciencias/hallan-primera-vez-microplasticos-mejillones-vigo-cantabrico.html>> [Consulta: 20/06/2021]
- [40] REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA. *Fotodegradación*  
 <<http://diccionario.raing.es/es/lema/fotodegradaci%C3%B3n-0>> [Consulta: 10/09/2021]
- [41] SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO. *Acuerdos de producción limpia (APL)*  
 <<https://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/acuerdos-de-produccion-limpia-apl>>  
 [Consulta: 17/07/2021]
- [42] SIN RESIDUO SIN PLÁSTICO&ECOLÓGICO. *Cosméticos con microplásticos*  
 <<https://www.sinresiduo.es/2020/04/22/cosmeticos-con-microplasticos/>> [Consulta: 24/06/2021]
- [43] SLIDESHARE. *Degradación de plásticos*  
 <<https://es.slideshare.net/teredeloscobos/degradacion-de-plasticos>> [Consulta: 10/09/2021]
- [44] SOCA, R. *Etimología-El origen de la palabra: plástico.*  
 <<https://www.elcastellano.org/palabra/pl%C3%A1stico>> [Consulta: 08/06/2021]
- [45] STATISTA. *Producción de plástico a nivel mundial de 1950 a 2018*  
 <<https://es.statista.com/estadisticas/636183/produccion-mundial-de-plastico/>> [Consulta: 08/06/2021]

- [46] UNIVERSITAT DE BARCELONA (2020). “¿Cuál es la importancia de los océanos?” en Anellides Serveis Ambientals Marins < <https://anellides.com/es/blog/quina-es-limportancia-dels-oceans/> > [Consulta: 13/06/2021]
- [47] UNIVERSITAT DE BARCELONA (2020). “Microplásticos: pequeños fragmentos, gran problemática” en Anellides Serveis Ambientals Marins < <https://anellides.com/es/blog/microplasticos-pequenos-fragmentos-gran-problematica/> > [Consulta: 20/06/2021]
- [48] YOUSIF, E Y HADDAD, R. (2013). *Photodegradation and photostabilization of polymers, especially polystyrene: review*. Department of Chemistry, College of Science, Al-Nahrain University. Tesis. Baghdad, Iraq: NCBI < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4320144/> > [Consulta: 10/09/2021]