

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**PRESENCIA DE CONTAMINACIÓN CON NANOPLÁSTICOS Y
MICROPLÁSTICOS EN LA CADENA ALIMENTARIA: UNA INDAGACIÓN
ACERCA DE LOS POSIBLES RIESGOS PARA LA SALUD HUMANA.**

María Cristina Sánchez

Tesis presentada para optar al grado de Licenciada en Gestión de la Calidad e
Inocuidad de los Alimentos

Tutora: María Cristina Sandoval

Lomas de Zamora, agosto de 2022

AGRADECIMIENTOS

Inmensamente agradecida a mis amigos de toda la vida, familia y compañeros de trabajo.

A mis amigas del alma Cintia y Brenda, que son incondicionales, están siempre presentes y en mi corazón.

A mi novio Leonel, que es un pilar fundamental en mi vida, la persona que me alienta a seguir adelante y progresar día a día, la mano que me sostiene siempre.

Un agradecimiento y abrazo especial a mi amiga de INTA, Valeria Rocha que nunca dejó de confiar en mí y me alentó año a año cuando yo bajaba los brazos. Y a todas mis compañeras de cursada, que a su vez lo son en mi querido INTA, por ser esa compañía de estudio que se necesita y se disfruta.

Todo trabajo es arduo y la pandemia más los cambios bruscos fueron un desafío para mí. Pero gracias al apoyo de toda esta gente pude llegar a la recta final.

Gracias infinitas a mi tutora María Cristina Sandoval, una persona tan cálida y atenta, siempre contestando todas mis dudas y ayudándome pese a la distancia.

Gracias por siempre a la Facultad de Ciencias Agrarias de Lomas de Zamora que me enseñó todo lo que aprendí y a cada uno de los profesores que formaron parte de toda la trayectoria.

Gracias a la vida y a las oportunidades que siempre se presentan para volar más alto y confiar en los sueños y en los esfuerzos que valen la pena y se convierten en frutos.

Con lágrimas en los ojos puedo decir que se siente tan lindo llegar a cumplir un sueño y compartirlo con tanta gente hermosa, gracias a todos.

Resumen:

La producción del plástico se ha ido incrementando de manera exponencial en los últimos años, en especial desde su aplicación a productos de un solo uso. Su difícil reciclaje y su baja capacidad de degradación tienen como consecuencia una acumulación de éstos en el medio ambiente y la consiguiente contaminación. Pese a su gran estabilidad, estos polímeros se ven sometidos a erosión física y química, dando lugar a fragmentos más pequeños. A medida que éstos se van fragmentando generan otros más pequeños como los microplásticos y macroplásticos que afectan directamente a los seres vivos ya sea por ingestión o por toxicidad. También, pueden actuar como vehículos de especies invasoras y adsorber en su superficie otros contaminantes. Nuestros mares están contaminados al igual que el alimento que proviene de él; día a día los científicos que estudian la vida marina presentan evidencias acerca de bioacumulación y biomagnificación. La problemática no se termina allí ya que los aditivos utilizados para darle a estos plásticos diferentes atributos son un arma letal para los seres vivos, liberando tóxicos que atentan a la salud de los seres humanos. En este contexto, se destacan los disruptores endócrinos como tema preocupante, ya que científicos de todo el mundo concuerdan en que están alterando nuestro sistema endócrino. Con estos antecedentes, el presente trabajo muestra una revisión sobre la presencia de nanoplásticos y microplásticos en la cadena alimentaria, sus efectos potenciales en la salud y consideraciones acerca de la necesidad de vigilar y analizar en profundidad esta problemática. En tal sentido, algunos países del mundo ya han empezado a aplicar medidas regulatorias más estrictas sobre productos puntuales, pero aun claramente insuficientes sobre efectos en la salud que éstos contaminantes están ya produciendo.

Palabras clave: Contaminación, Polímeros, Microplásticos, Disruptores endócrinos, Salud.

Abstract:

The production of plastic has been increasing exponentially in recent years, especially from its application to single-use products. Its difficult recycling and its low degradation capacity have as a consequence an accumulation of these in the environment and consequently contamination. Despite their great stability, these polymers are subject to physical and chemical erosion, giving rise to smaller fragments. As these are fragmented, they generate other smaller ones such as microplastics and macroplastics, directly affecting living beings either by ingestion or by toxicity. Also, they can act as vehicles for invasive species and adsorb other contaminants on their surface. Our seas are polluted as is the food that comes from there; every day scientists who study marine life present evidence about bioaccumulation and biomagnification. The problem does not end there since the additives used to give these plastics different attributes are a lethal weapon for living beings, releasing toxins that threaten the health of human beings. In this context, endocrine disruptors stand out as an issue of concern, as scientists around the world agree that they are disrupting our endocrine system. With this background, the present work shows a review of the presence of nanoplastics and microplastics in the food chain, their potential effects on health and considerations about the need to monitor and analyze this problem in depth. Some countries in the world have already begun to apply stricter regulatory measures on specific products, but still clearly insufficient on the health effects that these contaminants are already producing.

Keywords: pollution, polymers, microplastics, endocrine disruptors, health.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	2
Resumen:	3
Abstract:	4
CAPÍTULO I.....	8
INTRODUCCIÓN.....	8
1. Los plásticos.....	8
1.1. ¿Qué es un polímero?.....	9
1.1.2. Clasificación (Tabla 1).....	9
1.2. La contaminación por micro y macroplásticos	11
1.3. Objetivos.....	14
Objetivo General:	14
Objetivos específicos:	14
CAPÍTULO II.....	15
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
2.1. Criterios de inclusión y exclusión	15
2.2. Acerca de las unidades de análisis y los aspectos analizados.....	16
CAPÍTULO III.....	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
3.1. Microplásticos y nanoplásticos.....	17
3.1.2. Partículas de plástico que contaminan el medio ambiente.....	17
3.1.2.1. Fuentes de procedencia de microplásticos.....	21
3.1.2.2. Plástico que llega al medio marino	22
3. 2. Los aditivos tóxicos del plástico “Contaminantes Orgánicos Persistentes” (COP).....	23
3. 3. Disruptores endócrinos (DE)	25
3.3.1. Clasificación	27
Ftalatos (BBP, DBP, DEHP).....	27
Bisfenol-A (BPA).....	27
3.3.2. Efectos sobre la salud	29
3.4. Clasificación de plásticos: seguros y perjudiciales	30
3.4.1. Relación entre exposición a microplásticos y efectos adversos en salud	35
3.4.2. Métodos y herramientas utilizadas para muestrear y analizar partículas de microplásticos.....	35
3.5. Relación entre exposición a nanoplásticos y efectos adversos en salud	36
3. 6. Presencia de microplásticos en alimentos	37
3.6.1. Bioacumulación y Biomagnificación	38
3.6.1.1. Microplásticos y su impacto en la fauna dulce acuícola Argentina.....	41
3.6.1.2. Del mar al plato	42
3.6.2. Listado de alimentos que contienen microplásticos.....	43

La sal de mesa	43
Langostas, gambas y langostinos	44
Mejillones, almejas, chirlas.....	44
Peces para consumo humano.....	44
Cerveza	44
Miel	45
3.6.2.1. Riesgos para la salud. Caracterización del peligro	45
3.7. Medidas preventivas para disminuir la contaminación y exposición a los plásticos microplásticos y nanoplásticos.....	49
3.8. Marco regulatorio sobre el uso de plásticos en Argentina	51
CAPÍTULO IV	54
CONSIDERACIONES FINALES	54
V. Bibliografía	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de polímeros.....	9
Tabla 2. Estructura de una de las matrices centrales coordinadas utilizadas durante la indagación	16
Tabla 3. Procedencia de plásticos y microplásticos.....	21
Tabla 4. Tiempos de degradación.....	22
Tabla 5. Características de plásticos seguros/peligrosos y productos donde se encuentran	31
Tabla 6. Estado del conocimiento acerca de la caracterización del peligro y exposición a microplásticos y nanoplásticos*	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del poliestireno: Las unidades repetitivas de estireno conforman el poliestireno. Fuente https://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno	11
Figura 2. Número de publicaciones por año (1970-2014), usando el término de búsqueda “plastic pellets” y “microplastics”. Fuente: Bollaín Pastor y Agulló (2012).	12
Figura 3. Producción de plástico a nivel mundial incluyendo termoplásticos, poliuretanos, termoendurecibles, elastómeros, adhesivos, revestimientos, sellantes y fibras PP. Fuente: Statista (2020).	13
Figura 4. Materiales, fuentes y criterios de selección del material bibliográfico.	16
Figura 5. Rango de tamaños en el medio marino desde los mega plásticos hasta los nanoplásticos. Fuente: FAO (2017)	18
Figura 6. Imagen de una tortuga bajo el agua con plástico rodeando su cabeza. Fuente: Greenpeace (2018)	19
Figura 7. Tortuga atrapada en plástico. Fuente: Martín (2018)	19

Figura 8. Grupos de animales afectados por enredo, sofocación o ingestión de plásticos y microplásticos. Fuente: FAO (2017)	20
Figura 9. El ciclo del microplástico. Fuente: https://es.weforum.org/agenda/2019/11/diez-fuentes-de-microplasticos-que-pueden-acabar-en-tu-boca-y-lo-ignoras-totalmente/	23
Figura 10. Disruptores hormonales. Fuente: Peñas y Sinc (2012). https://www.cienciasambientales.com/	28
Figura 11. Plásticos seguros. Fuente Eyo (2022).	31
Figura 12. La ingestión de microplásticos por los eslabones inferiores de la cadena trófica, como el fitoplancton o el zooplancton, puede ser una ruta de incorporación de éstos a niveles superiores a través de presas previamente contaminadas por estos elementos. Fuente: Ecologistas en acción (2017).	38
Figura 13. Alrededor del 89% del plástico en el océano se bioacumula. Fuente: Bastidas (2020).	40
Figura 14. Bioacumulación y Biomagnificación, procesos clave en la ruta de los contaminantes. Fuente: LESQO (2021).	40
Figura 15. Filamentos de micro y meso plástico observados bajo lupa binocular (20 X y 40 X aumentos), escala de representación 1 mm. Fuente: Acosta et al. (2019)	42
Figura 16. Plásticos de un solo uso. Fuente: Comisión Europea (2018)	49

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. Los plásticos

El problema de los plásticos es de una dimensión increíble y afecta a todo el mundo, ya que desde hace décadas éstos invaden cada día más nuestro planeta. Basta con mirar a nuestro alrededor para darnos cuenta que todo está hecho de plástico, sorbetes, cepillos, botellas, electrodomésticos, etc. A través de todos los productos a base de plástico nuestro mundo colapsa día a día y lo vemos en los residuos, en nuestras calles y mares, y no hay indicios de reducción de su producción y consumo, sin que se advierta la importancia que conlleva esta problemática ya que día a día se acrecienta y peligra nuestra salud (Ojeda, 2019). Según el informe realizado por Ellen Mac Arthur Foundation (2016): la producción de plástico viene creciendo de manera sostenida desde el año 1950, en los que se producían 1,5 millones de toneladas de plástico que alcanzaron en el año 2014 cerca de 311 millones de toneladas en el mundo. Se prevé que para 2050 llegue a 1800 millones de toneladas, habiendo más plásticos que peces en el mar, convirtiéndose en cifras alarmantes.

En relación a la definición de los plásticos, pueden citarse las siguientes: "...El vocablo plástico deriva del griego plástikos, que significa moldeable. Los plásticos son materiales sintéticos (ej. polietileno) o naturales (ej. caucho) formados por estructuras moleculares orgánicas e individuales llamadas monómeros que se unen entre sí para la formación de grandes cadenas de átomos de carbono denominados polímeros." (Gaviola, 2019). La Cámara de la Industria de Reciclados Plásticos Argentina (2019), los define como productos no naturales obtenidos por el hombre a través de diversas reacciones químicas. Las materias primas que se utilizan para producir plástico son productos naturales como la celulosa, el carbón, el gas natural, la sal y, por supuesto, el petróleo. Para GESAMP¹ (2015) "...cuando se habla de plástico se refiere a un término genérico que abarca una gran cantidad de materiales a base de polímeros, caracterizados por diferentes propiedades. Estos polímeros se mezclan con diferentes aditivos para optimizar su rendimiento, según las propiedades requeridas en el producto final (plastificantes, antioxidantes, retardantes de llama, estabilizadores UV,

¹Grupo de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Protección Ambiental Marina

lubricantes y colorantes). Existen diferentes tipos de plástico, pero la producción a escala mundial se basa en cinco de ellos considerados los más utilizados: el polietileno, el polipropileno, el poli cloruro de vinilo, el poli estireno y el tereftalato de polietileno”.

1.1. ¿Qué es un polímero?

Polímero es un concepto que se origina etimológicamente en la lengua griega y hace referencia a algo formado por diversos componentes. Concretamente deriva del griego, puntualmente de la suma de dos elementos como son el prefijo “poli-”, que es equivalente a “muchos”, y el sustantivo “meros”, que puede traducirse como “partes”. (Pérez Porto y Merino, 2013)

El significado más habitual del término hace mención a un compuesto, ya sea sintético, natural o químico, que se crea a través de un fenómeno conocido como polimerización, a partir de la repetición de unidades estructurales.

Se puede decir que los polímeros son macromoléculas que se forman con la interacción de otras clases de moléculas denominadas monómeros. La síntesis de los polímeros se produce por una reacción provocada por sus monómeros que se denomina polimerización. (Pérez Porto y Merino, 2013)

1.1.2. Clasificación (Tabla 1)

Los polímeros pueden clasificarse en dos grupos según su procedencia: naturales (como el almidón o la celulosa) semisintéticos (como la nitrocelulosa) y artificiales (como el nylon o el policarbonato). Además, estos mismos polímeros se pueden clasificar según el mecanismo de polimerización (proceso que atraviesan los monómeros para formar una cadena y constituir un polímero), según su composición química y según su comportamiento térmico (Álvarez, 2021).

Tabla 1. Tipos de polímeros

	Tipo de polímeros
Según su origen	• Polímeros naturales. Son aquellos polímeros que se encuentran en la naturaleza. Por ejemplo: el ADN, el almidón, la seda, las proteínas. • Polímeros artificiales. Son aquellos polímeros creados por el

	hombre mediante la manipulación industrial de monómeros. Por ejemplo: el plástico, las fibras, la goma. • Polímeros semisintéticos. Son aquellos polímeros que se obtienen al transformar polímeros naturales mediante procesos químicos. Por ejemplo: la etonita, la nitrocelulosa.
Según el proceso de polimerización	• Adición. Es un tipo de polimerización que ocurre cuando la masa molecular del polímero es un múltiplo exacto de la masa del monómero. Por ejemplo: el cloruro de vinilo. • Condensación. Es un tipo de polimerización que ocurre cuando la masa molecular del polímero no es un múltiplo exacto de la masa del monómero. Esto sucede porque en la unión de los monómeros existe pérdida de agua o de alguna molécula. Por ejemplo: la silicona.
Según su composición	• Polímeros orgánicos. Son polímeros que poseen en su cadena principal átomos de carbono. Por ejemplo: la lana, el algodón. • Polímeros orgánicos vinílicos. Son polímeros cuya cadena principal está formada exclusivamente por átomos de carbono. Por ejemplo: el polietileno. • Polímeros orgánicos no vinílicos. Son polímeros que poseen carbono y átomos de oxígeno y/o nitrógeno en su cadena principal. Por ejemplo: los poliésteres. • Polímeros inorgánicos. Son polímeros que no poseen átomos de carbono en su cadena principal. Por ejemplo: las siliconas.
Según su comportamiento térmico	• Termoestables. Son polímeros que asumen una forma estable tras moldearse a altas temperaturas y no pueden moldearse nuevamente porque se queman. • Termoplásticos. Son polímeros que pueden ablandarse o fundirse al ser calentados y luego recuperan sus propiedades al enfriarse. Por ejemplo: el nylon. • Elastómeros. Son polímeros que pueden manipularse y moldearse fácilmente sin perder sus propiedades ni estructura. Por ejemplo: el caucho, la silicona.

¹ Fuente: Álvarez, 2021.

Existen varios tipos de plástico, pero la producción mundial se basa en cinco de ellos: el polietileno, el polipropileno, el policloruro de vinilo, el poli estireno (Figura 1) y el tereftalato de polietileno (GESAMP, 2015).

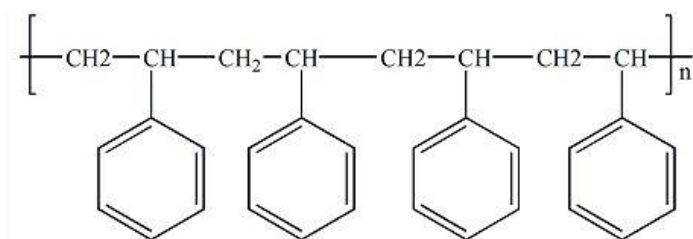


Figura 1. Estructura del poliestireno: Las unidades repetitivas de estireno conforman el poliestireno. Fuente <https://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno>

Según la Superintendencia de Riesgos de Trabajo de Argentina (SRT) (2019), de manera constante se realizan investigaciones para la producción de nuevos polímeros, de dichas investigaciones han surgido, por ejemplo, la resina epoxi fenalcamina y los microplásticos. Se conocen en su mayoría los beneficios de los plásticos: son prácticos y moldeables, convirtiéndolos en materiales adecuados para envases y embalajes de todo tipo; son livianos, generan importantes ahorros de energía en su producción y en el transporte de productos envasadas. Existen plásticos para todo tipo de uso, desde lo más sofisticado, pasando por automotores, industria eléctrica, electrónica, construcción y agricultura, hasta la medicina y la industria del ocio. Su resistencia y durabilidad les confiere una gran ventaja para su utilización en perfiles, tuberías y paragolpes, entre otros usos. Y lo más importante es que los plásticos son reciclables y pueden ser utilizados de nuevo mediante gran variedad de métodos (reciclado mecánico, químico o recuperación energética, entre otros) (Gaviola, 2019). Por otro lado, la exposición a los mismos supone un riesgo a la salud del trabajador, el cual debe reconocerse para lograr una cultura de la prevención en la industria del plástico y así proteger a los trabajadores.

1.2. La contaminación por micro y macroplásticos

“La mayoría de los plásticos son visibles, pero gran parte de ellos pasan desapercibidos debido a su pequeño tamaño y forman parte de muchos productos de uso diario y con un alto grado de contaminación [...] los microplásticos que contienen se vierten a un ritmo constante en nuestras aguas residuales” (Abbas, 2021).

Los microplásticos son pequeñas partículas sintéticas que provienen de derivados del petróleo. Son difícilmente degradables y su origen se encuentra en la actividad

industrial. Los microplásticos son tóxicos, abrasivos y difícilmente tratables por filtración debido a su pequeño tamaño (menor de 5 mm). Estas partículas contaminantes “acaban siendo desechadas a ríos, mares y océanos provocando serios daños a una gran parte del medio natural” (Abbas, 2021).

Desde que empezó a usarse el término “microplástico” ha aumentado exponencialmente el número de publicaciones relacionadas con el tema (Bollaín Pastor y Agulló, 2020) (Figura 2). Esto supone un claro indicador de la aceptación del término por la comunidad científica. (GESAM, 2019)

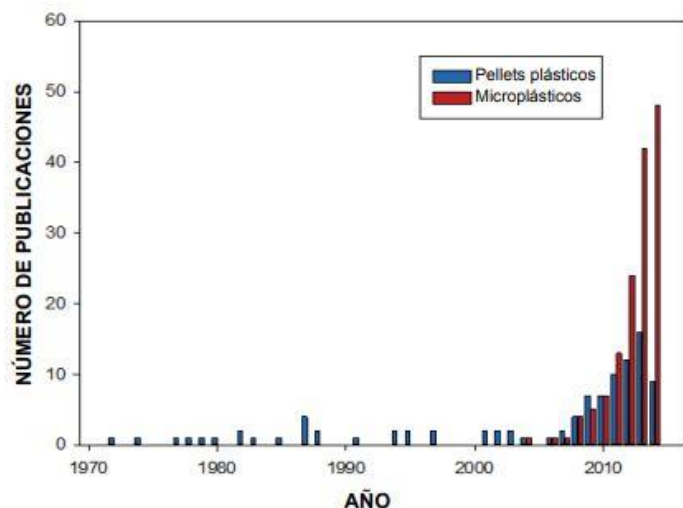


Figura 2. Número de publicaciones por año (1970-2014), usando el término de búsqueda “plastic pellets” y “microplastics”. Fuente: Bollaín Pastor y Agulló (2012).

En un informe reciente de la ANCEFN² (2020), se indica que durante los últimos años ha aumentado el interés público y las investigaciones científicas crecieron aún más enfocándose sobre el tema de los microplásticos y macroplásticos, y cómo sus aditivos llegan a los alimentos. La información mostrada en las publicaciones indica que la contaminación por microplásticos afecta tanto el ambiente terrestre como el acuático, y de esta manera llega a los alimentos. Esta problemática atrae aún más la atención por parte de los medios de comunicación, consumidores, ONGs³ medioambientales, mundo académico, autoridades políticas y la industria. (Sbartini Nudelman, 2020)

Lo más preocupante es que poco a poco la evidencia científica descubre que la salud de los seres humanos corre peligro con la ingesta diaria de estos polímeros (Sbartini

²Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2020

³Organizaciones No Gubernamentales

Nudelman, 2020). Es inevitable que los microplásticos estén en todas partes y su cantidad aumentará posiblemente en un futuro cercano. Por lo tanto, es imprescindible aumentar la conciencia pública y encontrar soluciones para prevenir la aparición y/o el incremento de enfermedades relacionadas con el plástico.

Además, el descubrimiento de enormes cantidades de residuos en los océanos ha provocado que la opinión pública mundial se vuelva mucho más crítica con respecto al uso del plástico, con especial énfasis en aquellos de un solo uso. Actualmente algunos productores y consumidores tratan de encontrar formas de sustituirlos y aplicar productos sustentables y amigables con el medio ambiente, intentando recuperar costumbres de generaciones anteriores. Estas energías son especialmente puestas en reducir los artículos de un solo uso, algunos de los cuales no estarán permitidos en la Unión Europea a partir de 2021 (Moreno, 2020).

En Argentina, sólo se sancionó hasta la fecha y se cumple de manera parcial la Ley 13868/2008 – Uso de Bolsas de Polietileno-. Entre los ejemplos de reducción del uso de plásticos de un solo uso, se encuentra el reemplazo de los sorbetes de plástico por los de papel.

Más allá de que se observe a simple vista un aumento significativo en el uso de plástico, la producción masiva a nivel mundial es un fenómeno que cobró auge recientemente. La organización Plastic Europe monitorea algunos de estos materiales, sin incluir todos los que existen, y estima que su volumen era solo de 1,5 millones de toneladas métricas en el año 1950, y en 1976 alcanzó los 50 millones. En 2018, esta cifra alcanzaba los 360 millones de toneladas métricas (Moreno, 2020) (Figura 3).

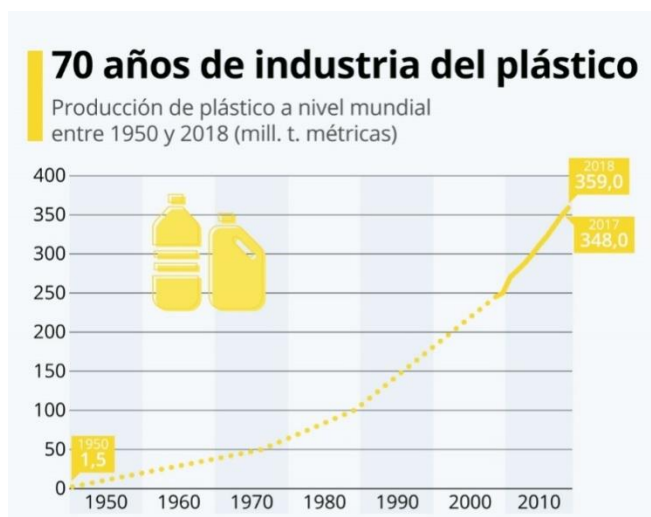


Figura 3. Producción de plástico a nivel mundial incluyendo termoplásticos, poliuretanos, termo endurecibles, elastómeros, adhesivos, revestimientos, sellantes y fibras PP. Fuente: Statista (2020).

1.3. Objetivos.

Objetivo General:

- Producir un dossier acerca del riesgo que representa para la salud humana la presencia de microplásticos y sus aditivos en alimentos.

-

Objetivos específicos:

- Describir las características de los microplásticos y de qué manera estos llegan a los alimentos.
- Indagar acerca de las vías de exposición y el peligro de la presencia de los microplásticos y sus aditivos en alimentos.
- Investigar acerca de cuáles serían las medidas preventivas para disminuir la exposición a los microplásticos.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración del presente trabajo se realizó una búsqueda de artículos publicados acerca del tema microplásticos y salud, la indagación se enfatizó en los últimos 6 años, focalizando la averiguación en revisiones publicadas en revistas científicas, o bien artículos que contaran con el aval de organizaciones científicas.

Para facilitar la investigación, las palabras claves utilizadas fueron microplásticos, nanoplásticos, tanto de manera aislada como combinada con aditivos, disruptores endócrinos, salud alimentaria, ecosistemas terrestres y marinos entre otras (Figura 4).

El primer paso consistió en la revisión crítica del material bibliográfico. En segundo término, se procedió a identificar los aspectos relevantes acerca de la presencia de microplásticos en el medio ambiente y acuático, tanto en los alimentos como en el agua de bebida, etc., siempre en relación a su posible afectación a la salud humana.

2.1. Criterios de inclusión y exclusión

Se desestimaron los artículos que no ofrecieran el texto completo, junto con las informaciones u otros textos que no aportaran resultados nuevos o relevantes. Toda la información utilizada para el dossier es actual y con fundamento científico. Sin embargo, es necesario advertir que la información sobre el tema se va modificando día a día en medida de la aparición de descubrimientos relevantes sobre el tema (Figura 4).

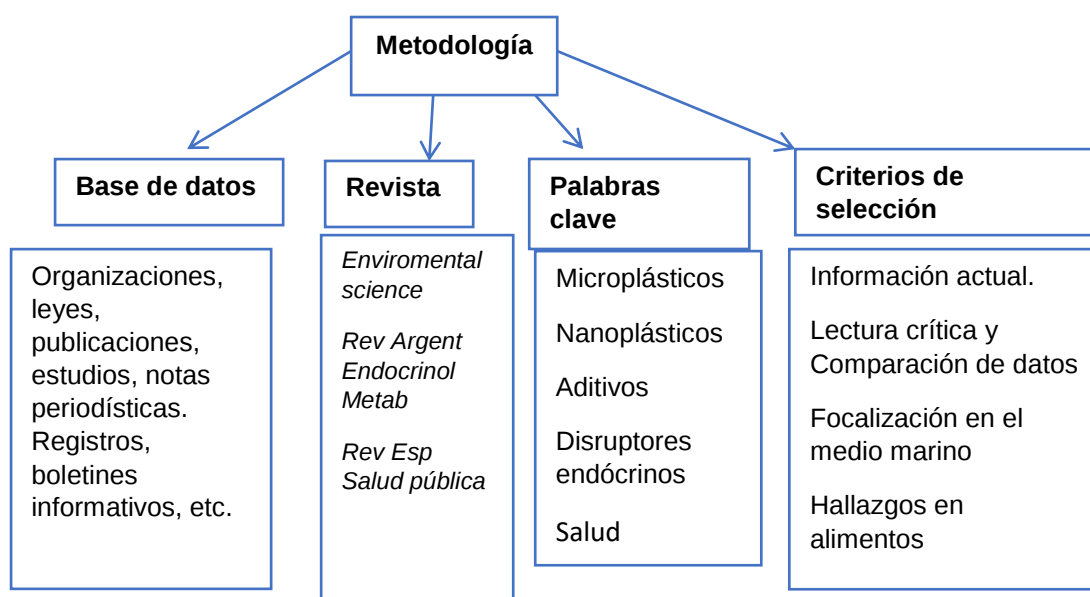


Figura 4. Materiales, fuentes y criterios de selección del material bibliográfico.

2.2. Acerca de las unidades de análisis y los aspectos analizados

A partir del material seleccionado y considerando el enfoque cualitativo de la indagación (Hernández Sampieri *et al.*, 2016), se procedió a un análisis del contenido de los documentos según hicieran referencia al tipo de material, fuentes de procedencia y otros aspectos (o variables) que se consideraron relevantes en función de los objetivos originalmente planteados. El camino seguido se muestra a modo de ejemplo en una de las matrices de anclaje o centrales que guiaron el análisis de la información (Tabla 2). Cabe indicar que para cada tipo de documento (unidad de análisis): artículo científico, normas o reglamentos, etc. se completó más de una matriz central. Esto es, se determinó la presencia de matrices coordinadas del mismo nivel de integración (Samaja, 2004).

Tabla 2. Estructura de una de las matrices centrales coordinadas utilizadas durante la indagación

Unidad de análisis Artículo científico	Tipo de contaminación citada		Enfoque del artículo ¹			Procedencia	N aspectos
	Micropl.	Nanopl	D	C	O		
Artículo 1							
Artículo 2							
Artículo n							

¹ Descriptivo: D; Crítico: C; Otro: O

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Microplásticos y nanoplásticos.

Los microplásticos y nanoplásticos “son partículas de material plástico de tamaño inferior a 5 mm de diámetro y, a menudo, microscópicas. Aunque no existe una definición inequívoca, la EFSA⁴ considera los microplásticos como una mezcla heterogénea de partículas con diámetro de entre 0,1 y 5000 µm. Se consideran nanoplásticos aquellos con al menos una dimensión de entre 0,001 y 0,1 µm. Los polímeros presentes en la mayoría de los microplásticos y nanoplásticos son el polietileno, el polipropileno y el poli estireno (EFSA, 2016).

3.1.2. Partículas de plástico que contaminan el medio ambiente.

En el año 2017, la FAO⁵ estudió los microplásticos en los sectores de pesca y acuicultura y los definió como pequeñas partículas y fibras de plástico. Aunque no existen estándares establecidos para determinar el tamaño máximo de una partícula, se considera que generalmente el diámetro de la partícula es inferior a 5 milímetros. Esta clasificación abarca las nanopartículas que constituyen fragmentos de menos de 100 nanómetros⁶. Esas partículas se clasifican en gran medida en base a sus características morfológicas: tamaño, forma y color. El tamaño es un factor particularmente importante para estudiar los microplásticos porque indica la medida en que los organismos pueden verse afectados. (Figura 5)

⁴ Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria

⁵ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

⁶ 1 nanómetro = 10^{-9} m = 10^{-6} mm = 10^{-3} µm

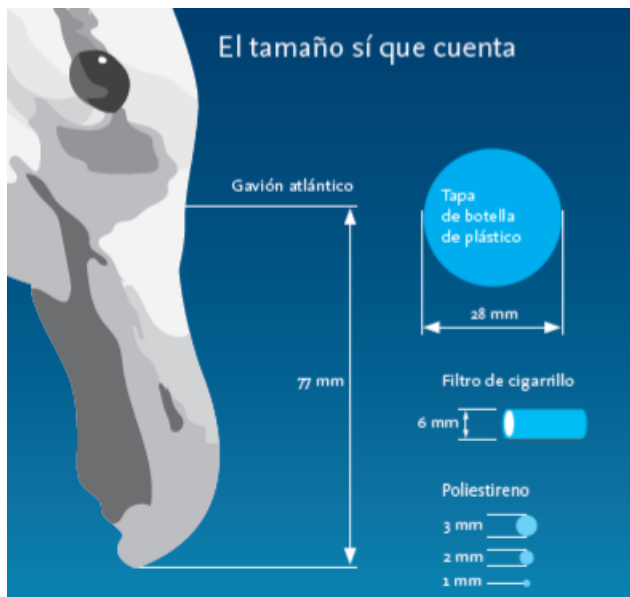


Figura 5. Rango de tamaños en el medio marino desde los mega plásticos hasta los nanoplásticos. Fuente: FAO (2017)

Diariamente se pueden ver documentales en los que se observan animales atrapados en redes de pesca y plásticos de diferentes tipos. El problema que ocasionan los polímeros es de una dimensión increíble, ya que año a año afecta a más animales marinos y éstos mueren al ser atrapados o al comer partículas de diferentes tamaños. Por ejemplo, la comida favorita de las tortugas son las medusas. Las bolsas de plástico parecen medusas cuando flotan en los océanos (Figura 5 y 6). Si una tortuga ingiere una de estas bolsas puede sufrir un bloqueo en su intestino que resultará en su desnutrición, reducción de tasas de crecimiento o la muerte, según datos obtenidos por ONU Medio Ambiente⁷, “que además advirtió acerca de la contaminación plástica que amenaza mortalmente a muchas especies de aves, puesto que se quedan atrapadas en las redes de pesca, entre otros desechos plásticos; como así también los ingieren al confundirlo con alimento; o los utilizan para hacer sus nidos confundiéndolos con hojas, ramas u otros artículos naturales, lastimando y atrapando a los polluelos”. (Albarrán, 2019)

⁷ Organización de las Naciones Unidas Medio Ambiente



Figura 6. Imagen de una tortuga bajo el agua con plástico rodeando su cabeza. Fuente: Greenpeace (2018)



Figura 7. Tortuga atrapada en plástico. Fuente: Martín (2018)

La investigación realizada ONU Medioambiente (2018), también puntualiza que alrededor del 40 por ciento de las aves marinas contienen plástico en sus estómagos, entre ellos, los patos marinos, buzos, pingüinos, albatros, petreles, pelícanos, gaviotas, golondrinas de mar que se encuentran entre las especies con un riesgo aún mayor. La FAO realizó una categorización de animales acerca de cómo se ven afectados en base al tamaño de los desechos que los rodean. (Figura 8).

Según ONU Medio Ambiente (2018), de las 265 especies de aves de las que se tiene constancia que han sufrido los efectos del plástico, al menos 147 fueron aves marinas, 69 especies de agua dulce, y 49 terrestres, desde águilas hasta pequeños pinzones, y estas cifras aumentarán. (Albarrán, 2019)

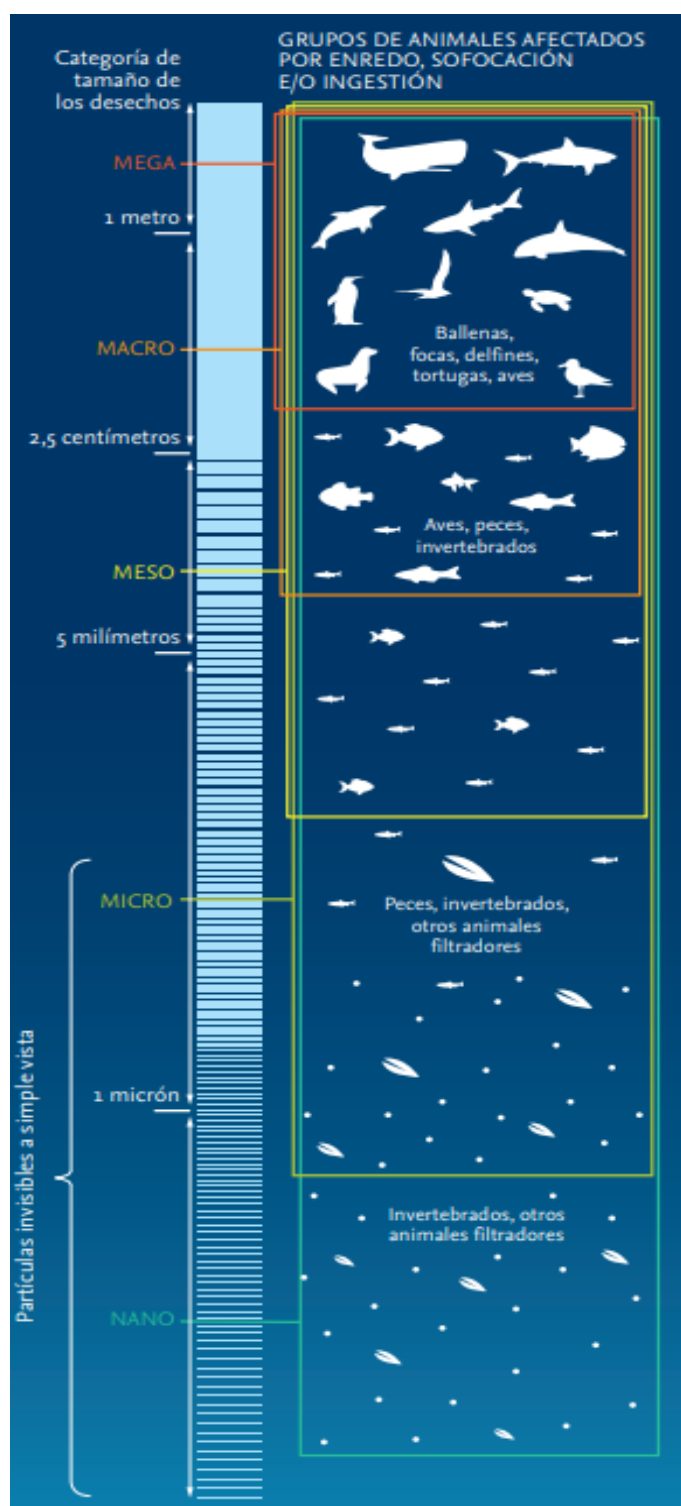


Figura 8. Grupos de animales afectados por enredo, sofocación o ingestión de plásticos y microplásticos. Fuente: FAO (2017)

3.1.2.1. Fuentes de procedencia de microplásticos

Los microplásticos provienen de diversas fuentes y se dividen en dos grandes categorías (Tabla 3):

- Los primarios, son aquellos fabricados específicamente para ser utilizados en productos, en forma de micro esferas, láminas, etc. Añadidos de manera intencional en sustancias empleadas en medicina, productos cosméticos, de higiene personal, materiales de construcción o agricultura o bien como materia prima para la producción de otros plásticos (FAO, 2017).
- Los secundarios, son aquellos que surgen como resultado de la fragmentación o degradación de plásticos o fibras de mayor tamaño que llegan al medio ambiente por una gestión inadecuada de los residuos o que, por su tamaño, no pueden ser eliminados por los sistemas de filtración de aguas residuales y terminan en ríos y océanos, donde son ingeridos por pájaros, peces y otras especies marinas. (FAO, 2017).

Tabla 3. Procedencia de plásticos y microplásticos.

	MICROPLÁSTICOS	MACROPLÁSTICOS
PRODUCTORES/CONVERTIDORES		
Productores, fabricantes y convertidores de plástico	✓	✓
CONSUMIDORES SECTORIALES		
Agricultura	✓	✓
PESCA/ACUICULTURA	✓	✓
Construcción	✓	✓
Transporte terrestre	✓	
Tráfico marítimo/Industria costa afuera	✓	✓
Industria del turismo	✓	
CONSUMIDORES INDIVIDUALES		
Envases de alimentos y bebidas		✓
Cosméticos y productos para el cuidado personal	✓	✓
Textiles y prendas de vestir	✓	✓
GESTIÓN DE RESIDUOS		

Residuos sólidos	✓	✓
Agua y aguas residuales	✓	✓

Fuente: Modificado de GESAMP (2016)

3.1.2.2. Plástico que llega al medio marino

Una gran cantidad de plástico llega al medio marino y tarda entre décadas y cientos de años en degradarse. El tiempo de degradación depende del tipo de plástico y de las condiciones ambientales a las que se expone (luz solar, oxígeno, agentes mecánicos). En el caso de los océanos, la radiación UV procedente de la luz solar es el principal agente que degrada el plástico. La acción del oleaje acelera este proceso y como resultado los fragmentos más grandes se van rompiendo en trozos más pequeños, generando microplásticos. Es casi imposible estimar el tiempo que tarda en biodegradarse el plástico, pero se considera que en los océanos es mucho más lento que en tierra. En la Tabla 4 puede observarse del tiempo de degradación de los plásticos más comunes (Greenpeace, 2018).

Tabla 4. Tiempos de degradación

MATERIALES	¿Cuánto tardan en descomponerse?
Hilo de pesca	+/- 600 años
Botella	+/- 500 años
Cubiertos	+/- 400 años
Encendedores	100 años
Vaso	65- 75 años
Bolsa	55 años
Suela de zapato	10-20 años
Colilla de cigarrillo	1-5 años
Globo	6 meses

Fuente: Modificado de Greenpeace, España (2018)

Se calcula que, en la actualidad, hay hasta 51 billones de partículas microplásticas en los mares, que pueden ser ingeridos por animales marinos. El plástico se acumula y puede terminar en humanos a través de la cadena alimentaria (Figura 9). Los microplásticos son muy persistentes en el medio ambiente y son una amenaza para los organismos marinos y de agua dulce. La ingesta de agua contaminada con microplásticos es la principal ruta de exposición para varias especies marinas.

También se han encontrado microplásticos en bebidas como la cerveza y el agua del grifo y alimentos como la miel (Sbarbati Nudelman, 2020).

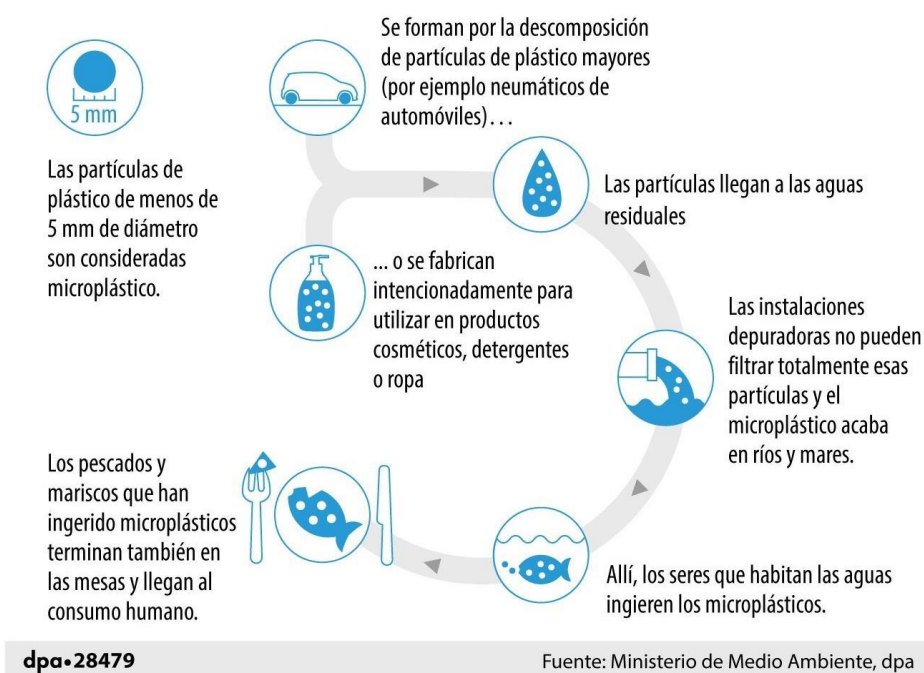


Figura 9. El ciclo del microplástico. Fuente: <https://es.weforum.org/agenda/2019/11/diez-fuentes-de-microplasticos-que-pueden-acabar-en-tu-boca-y-lo-ignoras-totalmente/>

3. 2. Los aditivos tóxicos del plástico “Contaminantes Orgánicos Persistentes” (COP)

En un artículo basado tanto en informes y publicaciones científicas recientes como en la experiencia y los conocimientos de los miembros del Grupo Temático sobre Basura Marina publicado en 2020, los autores advierten sobre el aumento de la producción de plásticos y como esta problemática provoca basureros masivos de plástico dispersos por todo el planeta y está convirtiendo océanos en basureros de plásticos. El uso exponencial de los plásticos implica otro peligro que, a simple vista es menos visible: la amenaza para la salud humana que representan las sustancias químicas tóxicas que se encuentran en la mayoría de los productos de plástico, incluyendo los juguetes para niños, los envases de alimentos, los productos para la cocina, la ropa, los productos electrónicos e infinidad de otros productos de consumo diario. “Por una extensa gama de razones, a los productos de plástico se les añaden diferentes sustancias químicas que pueden tener profundos efectos nocivos sobre la salud humana. Incluso pequeñas cantidades de estos aditivos que se añaden al plástico

pueden resultar en daños a los sistemas inmunológico y reproductivo, diferentes tipos de cáncer, afectaciones a las funciones intelectuales, y/o retrasos de desarrollo entre otros”. En algunos casos, las sustancias químicas que se añaden a los plásticos son tan peligrosas que leyes nacionales e internacionales las han llegado a prohibir (Gaetano *et al.*, 2020). También cabe destacar, que se permite el uso desmedido de ciertos químicos debido a la existencia de lagunas legales y la ausencia de normativas favoreciendo las presiones que realiza la industria.

“No obstante, en la mayoría de los casos, no se regulan ni controlan los aditivos químicos tóxicos para resguardar la salud humana y el medio ambiente sino hasta ya producido el daño...” (Gaetano *et al.*, 2020). Cuando finalmente algunas de esas sustancias se restringen, la industria química y el sector del plástico naturalmente introducen al mercado una nueva sustancia química que aún no ha sido evaluada por los organismos de control y el proceso de regulación se vuelve a iniciar. Incluso sustancias que habrían sido prohibidas por sus riesgos en otros productos, son permitidas en los plásticos por las lagunas legales existentes y las exenciones que consigue la industria influyendo en la sociedad, provocando que las autoridades políticas cedan a los reclamos de la industria. (Gaetano *et al.*, 2020)

Es prácticamente inevitable o imposible que las familias y los niños no estén expuestos a aditivos químicos. Puesto que, en la fabricación de juguetes para niños se utilizan “plásticos reciclados” –es decir, plásticos provenientes de una variedad de fuentes que se derriten y se les da una forma nueva– para manufacturar juguetes para niños a pesar de que se ha demostrado que estos plásticos contienen muchas sustancias químicas prohibidas, restringidas, o que de alguna manera u otra son peligrosas. Existe evidencia acerca de que los plásticos negros⁸, que se utilizan ampliamente para producir juguetes para niños, contienen niveles peligrosos de sustancias químicas retardantes de llama y dioxinas. La falta de transparencia por parte de los productores, una inadecuada regulación del reciclado, y un etiquetado poco claro permiten que esta práctica prosiga atentando contra la salud de niños de todo el mundo, y lo más doloroso es que a las industrias solo les importa vender sin pensar en la salud de los consumidores. (Gaetano *et al.*, 2020).

Con respecto al envasado de alimentos, la mayoría de los envases de plástico se utilizan una sola vez y posteriormente se desechan. Pero las familias los suelen reutilizar una y otra vez sin saber el peligro que conlleva. Puede que comiencen a

⁸Plásticos negros: Cualquier tipo de plástico con pigmento negro.

desprenderse los aditivos químicos tóxicos que contienen los envases, incluso antes de que se utilicen los alimentos, durante el proceso de cocción y cuando se calientan o aún están calientes. Cuando se incineran o eliminan los productos en un sitio determinado, puede que también liberen sustancias químicas al medio ambiente (Gaetano *et al.*, 2020).

En el caso de los productos electrónicos, quienes manejan y reciclan desechos electrónicos inadvertidamente están expuestos a un número de sustancias químicas peligrosas contenidas en los componentes plásticos de los productos electrónicos, siendo los trabajadores muy vulnerables a enfermedades ocupacionales. La exposición más extensa se da cuando se incineran, descartan en sitios determinados, o se transforman en otros productos durante el proceso de reciclado. (Gaetano *et al.*, 2020).

En las industrias textiles, de tapicería y muebles: el poliéster, el nylon, el acrílico y otro tipo de fibras sintéticas son tipos de plástico que constituyen más del 60% de las telas que se utilizan para producir la ropa que usamos cotidianamente. Lo más preocupante es que muchas veces las alfombras y los muebles reciben un tratamiento con peligrosas sustancias químicas retardantes de llama y sustancias per- y poli-fluoroalquiladas (PFAS). Al no exigirse que estas sustancias químicas vayan etiquetadas, los consumidores pocas veces toman conciencia de cuáles son las sustancias químicas utilizadas para su producción y si son peligrosas o no. En los últimos años, se ha duplicado la producción de plásticos y se estima que la producción se vuelva a duplicar a lo largo de las próximas dos décadas. Los productores de plásticos, envases y sustancias químicas discuten que la gestión y el reciclado de los desechos son la solución. Aunque sí son herramientas favorables, no contribuyen a reducir el daño que ocasionan los aditivos plásticos que no se declaran legalmente, llamados “invisibles” (Gaetano *et al.*, 2020).

3. 3. Disruptores endócrinos (DE)

La investigación sobre los disruptores endócrinos ha crecido de manera sostenida en los últimos años, identificándose gran cantidad de sustancias químicas, que al no formar parte de los plásticos naturalmente, actúan como tales con sus efectos nocivos y los seres humanos se ven expuestos a través de diferentes vías, como son las actividades profesionales, alimentos y la exposición ambiental. (Pombo Arias *et al.*, 2020).

“Desde mediados del siglo XX numerosas especies, muy diferentes entre sí y ubicadas en todas las áreas y rincones del planeta, comenzaron a presentar diversas alteraciones, muchas de las cuales sugerían estar relacionadas con trastornos del sistema endocrino. Las investigaciones demostraron que tales alteraciones eran producidas por la exposición a diferentes sustancias químicas contaminantes, las cuales podían alterar la salud y producir graves enfermedades. Dentro de ellas se destacó un grupo heterogéneo de compuestos con estructuras químicas muy diferentes, capaces de actuar a dosis muy bajas, mostrar distintos mecanismos de acción y ser capaces de alterar el equilibrio hormonal...” (Arvelo *et al.*, 2016)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) actualizó en 2012 la información científica sobre DE y los define como sustancias capaces de alterar el buen funcionamiento del sistema hormonal, como así también el desarrollo del embrión y provocar efectos adversos sobre la salud de cualquier organismo vivo y su descendencia. El término DE engloba a un conjunto de sustancias químicas de diferente origen y estructura que son procesadas para cumplir funciones variadas.

La Revista Argentina de Endocrinología y Metabolismo publicó en 2018 una guía de reconocimiento, acciones y recomendaciones para el manejo médico y, brindó, además, una definición más detallada: describiendo los DE “como compuestos químicos exógenos, que una vez incorporados al organismo alteran la homeostasis hormonal y provocan consecuencias en el corto o largo plazo en la salud del individuo expuesto o de su descendencia; interfieren en la síntesis, secreción, transporte, metabolismo, unión a su receptor y/o eliminación de las hormonas naturales presentes en el organismo que son responsables de la homeostasis, la reproducción y los procesos de desarrollo”. (Azaretzky *et al.*, 2018)

A nivel mundial, hay una gran preocupación en los investigadores sobre los disruptores endocrinos, ya que muchos de los contaminantes químicos presentes en los plásticos pueden tener efectos como alteraciones hormonales y lo más preocupante es que estas alteraciones se pueden presentar a muy bajas concentraciones. Por consiguiente, no se puede establecer un umbral seguro por más baja que sea la concentración, principalmente cuando se produce en edades tempranas como lo es en un feto, embrión o un niño, que se ven afectados con consecuencias a lo largo de toda su vida como expresa el informe sobre disruptores endócrinos y salud infantil de la OMS (2012).

3.3.1. Clasificación

La clasificación de estos compuestos varía dependiendo de:

- Su actividad biológica que los divide en estrógeno miméticos o anti androgénicos.
- De acuerdo a su naturaleza en: sintéticos o químicos naturales. Ejemplo de estos últimos son los fitoestrógenos que se encuentran en alimentos para humanos y animales (la genisteína, la daidzeína y el cumestrol).
- También se pueden clasificar de acuerdo a su utilidad como se observa en la Figura 10.

Existen diferentes tipos de sustancias y usos, pero se describen brevemente a continuación dos de ellas que la Revista Argentina de Endocrinología y Metabolismo (2018) cita como las que se encuentran de manera más frecuente.

Ftalatos (BBP, DBP, DEHP)

Estas sustancias son aditivos que fueron introducidos primero en la producción de plástico en la década de 1920 y resultaron en su uso extensivo en el cloruro de polivinilo en las décadas posteriores. “Al no estar unidos covalentemente al plástico, los ftalatos se liberan lentamente y pueden propagarse en el ambiente. Los ftalatos y ésteres de ftalato son un gran grupo de compuestos usados como plastificantes líquidos que se encuentran en una gran cantidad de productos, incluyendo plásticos, pinturas, cosméticos, pisos vinílicos, juguetes, tubos médicos y en alguna ocasión hasta como emulsificantes de alimentos...” “Su vía de exposición es la ingesta, la inhalación o la absorción transdérmica y su vida media en plasma es de 12 horas. Los ftalatos son detectables en la orina humana, suero y muestras de leche, y la exposición diaria estimada a un ftalato como el di-(2-etilhexil) ftalato (DEHP), oscila entre 3-30 ug/kg/d5”. (Azaretzky *et al.*, 2018)

Bisfenol-A (BPA)

Este compuesto fue sintetizado por primera vez en 1891 y se descubrió su capacidad producir estrógenos en 1966. “Se utiliza en la fabricación de una gran cantidad de

productos, desde envases de alimentos, coberturas internas de latas de alimentos y bebidas entre otros, por lo cual la exposición a este contaminante es intensa...”

“En los materiales en contacto con alimentos, el BPA puede difundir hacia los alimentos o el agua, bajo el efecto de las altas temperaturas o de acidez, la manipulación física o el uso repetitivo. Debido a su naturaleza ubicua y la exposición continua, una gran proporción de la población tiene una cantidad medible de BPA en la orina, así como en la leche materna. Su vía de exposición es la ingesta, la inhalación o la absorción transdérmica. El BPA se metaboliza rápidamente a formas no bioactivas y tiene una vida media de aproximadamente 4-5 horas en los seres humanos adultos, con tasas metabólicas más bajas en el feto y en lactantes. Actualmente, la Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos ha determinado como nivel de seguridad para BPA concentraciones de 50 ug/kg/d, mientras que la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria redujo recientemente la ingesta diaria tolerable a 4 ug/kg/d4. La producción de bisfenol-A se calcula en 100.000 a 500.000 toneladas por año” (Azaretsky *et al.*, 2018).

Disruptores hormonales

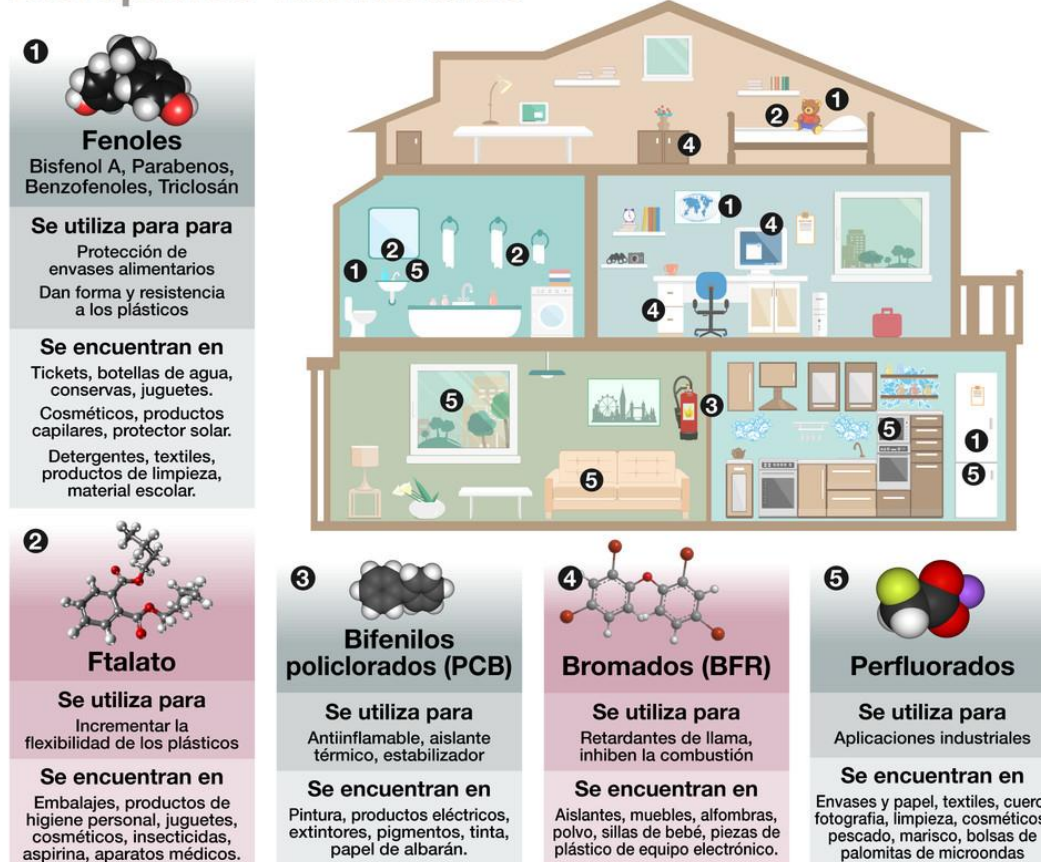


Figura 10. Disruptores hormonales. Fuente: Peñas y Sinc (2012).

<https://www.cienciasambientales.com/>

3.3.2. Efectos sobre la salud

Algunos de los DE imitan el comportamiento de las hormonas incluso a concentraciones pequeñas, producen un desequilibrio y pueden provocar mutaciones graves a nivel celular, como así también cáncer (Arvelo *et al.*, 2016; Diamanti *et al.*, 2009).

La Red de Investigación de Infancia y Medio Ambiente, estudió en 2005 algunos de los efectos en el desarrollo infantil:

- Reproductivos: retardo de crecimiento
- Intrauterino, prematuridad y preclamsia.
- Función tiroidea del recién nacido y del niño.
- Desarrollo neuroconductual.
- Crecimiento posnatal.
- Desarrollo sexual.
- Asma y atopia infantil.

El Programa Inter Institucional para la Gestión Racional de los Productos Químicos (IOMC) publicó en 2012 un documento que muestra la evaluación del estado de la ciencia de los disruptores endócrinos. El documento, preparado por un grupo de expertos para el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Mundial de la Salud mostró que los datos recolectados que vinculan la exposición a los DE y las enfermedades humanas son más robustos cuando se comparan con la información mostrada años atrás. Dado que los estudios en humanos sólo pueden demostrar asociaciones, no causa y efecto, por esto la importancia de utilizar antecedentes recogidos en humanos y animales para evidenciar un vínculo entre la exposición a DE y enfermedades humanas. Aunque puede que nunca sea posible estar absolutamente seguro de que una exposición específica cause una enfermedad o disfunción determinada, es importante la investigación debido a la complejidad tanto de la exposición, como a la etiología de la enfermedad a lo largo de la vida. (Bergman *et al.*, 2012)

A continuación, se mencionan algunas de las enfermedades inducidas por la exposición a DE durante el desarrollo, a partir de la información obtenida por expertos de la ONU y la OMS de la investigación con modelos animales y estudios de meta análisis de reportes médicos:

- **Reproductivo/endócrino**
 - Cáncer de mama/próstata
 - Endometriosis
 - Infertilidad
 - Diabetes/síndrome metabólico
 - Pubertad temprana
 - Obesidad
- **Immune/autoimmune**
 - Susceptibilidad a infecciones
 - Enfermedades autoinmunes
- **Cardiopulmonar**
 - Asma
 - Enfermedad cardíaca/hipertensión
 - Ataque fulminante
- **Cerebro/sistema nervioso**
 - Enfermedad de Alzheimer
 - Enfermedad de Parkinson
 - TDAH/discapacidad de aprendizaje

3.4. Clasificación de plásticos: seguros y perjudiciales

En el año 1988, a petición de las industrias recicladoras la “Society of the Plastics Industry” (SPI) de Estados Unidos, desarrolló un sistema de códigos para la identificación de los diferentes tipos de plástico que se utilizan para la fabricación de productos. Este sistema se lo denominó código SPI y beneficia la clasificación para su reciclado. Los productos llevan una identificación que consta de un símbolo compuesto de tres flechas que plasman un triángulo con su número en el centro y letras en su base. El triángulo de flechas es destacado como el símbolo universal del reciclaje y el número y las letras indican la resina que fue utilizada para el desarrollo de ese producto. Este sistema es beneficioso para la separación consiente y adecuada de los materiales representados por los seis primeros símbolos (que representan la gran mayoría de los materiales plásticos), el 7º está reservado para el resto de los materiales (descripto como otros)”. (ECOPLAS, 2013).

A partir de diciembre del 2012, entró en vigencia en la Argentina la Norma IRAM 13700 que establece un Sistema de Codificación para la identificación de los materiales plásticos: “Plásticos en General. Símbolos gráficos de codificación para la

identificación de la resina”. Este Sistema de Codificación tiene como objetivo fundamental la orientación y utilización consiente del material reciclable hacia productos que contribuyan a la calidad de vida y el cuidado del medio ambiente, convirtiéndose en sustentables. (ECOPLAS, 2013). Los plásticos no seguros para uso alimentario suelen contener BPA (Bisfenol A) o ftalato, sustancias que pueden contaminar nuestra comida, y que son considerados disruptores hormonales o endocrinos, obstaculizando el correcto funcionamiento del sistema hormonal (Condislife, 2018).

Para comprender mejor el nivel de toxicidad de los plásticos en la Figura 11 se detallan cuáles son más seguros para la salud y los que pueden ser más perjudiciales. Se puede apreciar cómo vienen etiquetados y la referencia numérica que detalla a qué tipo de plástico se refiere.



Figura 11. Plásticos seguros. Fuente Eyo (2022).

En la Tabla 5 se describen en detalle las características de los plásticos (seguros o peligrosos) y también los productos donde pueden encontrarse.

Tabla 5. Características de plásticos seguros/peligrosos y productos donde se encuentran

	Abreviatura y código internacional	Tipos de plásticos	Donde se los encuentra
Más seguros	 PET	<i>Polietileno tereftalato</i> Es un tipo de plástico	En fibras textiles, producción de diversos

		muy utilizado en alimentación, especialmente en botellas de agua y otros refrescos. Se obtiene de una reacción de poli condensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. No contiene BPA, por lo que es seguro utilizarlo en envases para alimentación. No obstante, no se recomienda reutilizar botellas de PET, ya que están pensadas para un solo uso y puede acumular bacterias y desprender micro plásticos si son continuamente reutilizadas, cosa que habitualmente.	envases, especialmente en botellas, bandejas, flejes y láminas. Usos post reciclado típicos: Textiles para bolsas, velas náuticas y alfombras. Cuerdas, hilos. Espumas aislantes.
		Polietileno de alta densidad E un termoplástico formado por unidades repetitivas de etileno. Tiene una gran resistencia y, aunque en un principio es seguro para almacenar alimentos, no se recomienda calentarlo en el microondas, ya que	Mayormente utilizado para la elaboración de envases plásticos desechables, como envases de detergentes, de jabones o sachet de leche. Usos post reciclado típicos: Bolsas, botellas de detergentes. Caños, sustitutos de la madera.

		solo resiste intacto hasta los 60°C. A partir de esa temperatura, podría desprender microplásticos.	
		4. LDPE: Polietileno de baja densidad Se conforma por repetidas unidades de etileno, igual que el PEAD, pero a menor densidad. Es uno de los plásticos que resultan seguros para usos en alimentación, pero resulta más difícil y costoso de reciclar, por lo que se prefieren otros plásticos, aunque sean perjudiciales para la salud.	En Juguetes, bolsas de plástico, películas para usos agrícolas, utensilios desechables, aislamiento de cables, etc. Usos post reciclado típicos: Bolsas de basura e industriales. Caños, contenedores, sustitutos de la madera. Membranas aislantes de la humedad, film para agricultura.
		5. PP: Polipropileno Se trata de una fibra sintética obtenida de la polimerización del propileno, un hidrocarburo semejante al etileno. Es muy resistente a todo tipo de sustancias y ataques físicos. Es seguro para uso alimentario, ya que no tiene componentes tóxicos (BPA) y resulta inodoro.	En utensilios desechables como vasos, platos o cubiertos de plástico. Usos post reciclado típicos: Contenedores, piezas de automotores, sillas, sustitutos de la madera, textiles.

Más peligrosos		6. PS: Poliestireno Se obtiene a partir de la polimerización del estireno. Es un plástico resistente y muy ligero. No obstante, no es idóneo utilizarlo con alimentos ya que cuando se desgasta puede emitir sustancias que resultan altamente contaminantes.	Se usa para embalajes y, en la industria alimentaria, para bandejas de carnes o algunos envases de take away Usos post reciclado típicos: Accesorios de oficina, aislamientos térmicos, bandejas.
		PVC: Policloruro de vinilo Este plástico se obtiene de la combinación de etileno y cloro. Es ampliamente empleado en la industria de la construcción, ya que se trata del plástico más versátil, flexible y resistente. Pese a sus ventajas, el PVC no es apto para alimentación, ya que puede liberar BPA.	Se pueden encontrar en algunas botellas de champú o envases de detergente. Usos post reciclado típicos: Caños, muebles de jardín, barandas, zapatos, contenedores.
		O: Otros Bajo este código se encuentran los demás compuestos de plástico que no entran dentro de las demás clasificaciones. Pueden ser desde combinaciones de diferentes tipos de plástico hasta los nuevos plásticos biodegradables	Anteojos de sol, etc. En cuanto a alimentación, al no determinar qué tipo de material se utiliza, es mejor que se evite esta categoría a menos que se conozca el material y se sepa que es seguro, ya que muchos contienen BPA y otros tóxicos.

		fabricados a partir del ácido poliláctico presente en algunas plantas.	
--	--	--	--

Fuente: ECOPLAS (2013)

3.4.1. Relación entre exposición a microplásticos y efectos adversos en salud

Según ACSA⁹(2019) “los conocimientos sobre presencia, exposición y toxicocinética de los microplásticos son muy limitados, con múltiples incertidumbres y muy pocos estudios plenamente fiables, que recurren a métodos y herramientas distintos para muestrear y analizar partículas de microplásticos”

ACSA también resalta, que la falta de datos hace que cualquier evaluación del riesgo del consumo de alimentos que contienen microplásticos esté sujeto a serias limitaciones por la falta de información.

Asimismo, puede indicarse que, con los limitados datos disponibles actualmente, no se prevé que las partículas de microplásticos ingeridas por alimentos conlleven un riesgo importante para la salud de los consumidores.

3.4.2. Métodos y herramientas utilizadas para muestrear y analizar partículas de microplásticos

Según ACSA (2019) existen muy pocos métodos disponibles y eficientes para identificar y cuantificar microplásticos en muestras biológicas, ya que las muestras manifiestan plásticos que suelen ser transparentes a través de los métodos de observación microscópica y, por ello, son difíciles de detectar, identificar y cuantificar dentro de una matriz biológica. Los métodos más tradicionales implican la degradación y disolución de la materia biogénica, con el fin de aislar e identificar las partículas de plástico. También aplican métodos con digestión ácida, alcalina y/u oxidante y temperatura elevada. Pero estos métodos también degradan parcialmente algunos plásticos, por lo que muestran inconvenientes para la medición de la cantidad de plásticos en alimentos. Otro de los métodos que se han aplicado son los enzimáticos.

⁹Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria

Cuando se trata de partículas relativamente grandes ($>500\ \mu\text{m}$), la disección visual puede ser una opción. Una vez separados, los plásticos pueden identificarse y cuantificarse mediante varias técnicas instrumentales como microscopia, espectroscopia, espectrometría de masas, que poseen distintas características de sensibilidad, rendimiento y resolución espacial.

“Si bien para analizar los aditivos químicos existen metodologías establecidas, con los microplásticos no ocurre lo mismo. El análisis de los microplásticos es complejo, ya que no solo hay que determinar la cantidad presente, sino también el tamaño, la forma, la estructura [...] ya que todos estos parámetros son los que van a afectar a su carácter tóxico. Por ejemplo, hay que diferenciar entre la cantidad de microplásticos (menos de 5 milímetros de diámetro) y nanoplásticos (de 1 a 100 nanómetros), ya que los nanoplásticos pueden atravesar más fácilmente las membranas celulares y ser más tóxicos. Hoy en día, no existe un único método analítico capaz de evaluar todos estos parámetros, y de ahí que se esté trabajando en el desarrollo de diversas metodologías complementarias” (Eljarrat, 2020).

Luchar contra el consumo de plásticos es fundamental para proteger los ecosistemas y frenar los efectos negativos que se están incrementando día a día. En tal sentido, la Fundación Aquae y la Universidad de Alicante en España impulsan un Doctorado Industrial de Microplásticos bajo el título de “Detección y caracterización de los microplásticos: preocupación emergente en el ciclo integral del agua” con el propósito de validar un método que sirva para identificar y cuantificar microplásticos de una forma económica y eficaz. Esta idea sería muy útil si se presentara a nivel mundial y se llevara a cabo.

3.5. Relación entre exposición a nanoplásticos y efectos adversos en salud

Distintos investigadores coinciden en señalar que los nanoplásticos representan un peligro potencial mucho más grave que los microplásticos, ya que al ser de un tamaño mucho menor se puede alojar en tejidos o viajar a diferentes partes del cuerpo provocando daños (EFSA 2016; ACSA 2019). Actualmente la mayoría de los datos sobre exposición de los que se disponen se limitan tan solo a las partículas más grandes (de 10 a 50 micras). Pero los análisis subestiman la exposición real que sufrimos, puesto que no detectan las partículas más pequeñas. Y estas partículas son las que presentan más toxicidad. Sin duda el problema con los nanoplásticos es todavía peor. Son tan pequeños que no tienen dificultades para atravesar las membranas biológicas. Esto pone de relieve la necesidad de contar con una investigación mucho más profunda a nivel mundial sobre el tema. Por eso preocupan

especialmente las interacciones de estos nanoplásticos o sus aditivos con diversas células del sistema inmune, así como las alteraciones en el desarrollo de los bebés.

En 2020 el Grupo de Mutagénesis de la UAB (Universidad Autónoma de Barcelona) se sumó a este campo de investigación todavía incipiente y ha analizado la toxicidad de los nanoplásticos para conocer su capacidad de penetración, de dañar el ADN y de alterar funcionalidades celulares, así como provocar cambios estructurales a esta escala en un o lapso de veinticuatro horas. “A pesar de que los efectos tóxicos identificados en el estudio se pueden clasificar como leves, la facilidad con que las nanopartículas de poliestireno son internalizadas por las células se convierte en un hecho relevante que propone futuras investigaciones sobre los efectos de los nanoplásticos en exposiciones prolongadas (crónicas), su translocación a otros órganos del cuerpo humano, y los efectos potenciales en otros tipos celulares”. (Cortés *et al.*, 2020). En el caso de los nanoplásticos, estas incertidumbres todavía son mayores, y faltan datos para poder realizar una evaluación de riesgos (Costas y López Rodas, 2021).

“Los microplásticos de hoy son los nanoplásticos del mañana. Y cuantos más pequeños, más peligrosos” (Costas y López Rodas, 2021).

3. 6. Presencia de microplásticos en alimentos

La exposición a microplásticos puede afectar a los seres vivos de diversas formas, bien por efectos mecánicos después de su ingesta, o bien por la liberación/exposición de los monómeros químicos que lo constituyen, además de otros compuestos químicos agregados durante la producción de plástico, junto con otros contaminantes absorbidos procedentes del medioambiente, incluidos algunos metales pesados y compuestos orgánicos persistentes, como PCBs (Bifenilos policlorados) y DDT (Dicloro difenil tricloroetano) (Rojo-Nieto y Montoto, 2017). A esto se añade la posibilidad de transmisión a lo largo de la cadena trófica (Figura 12).

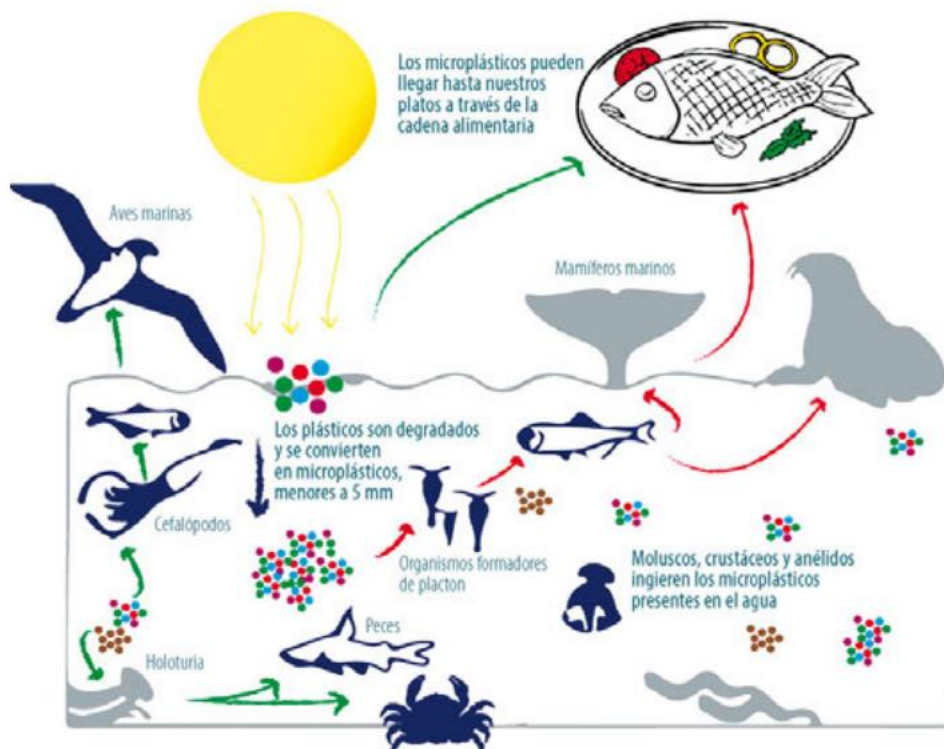


Figura 12. La ingestión de microplásticos por los eslabones inferiores de la cadena trófica, como el fitoplancton o el zooplancton, puede ser una ruta de incorporación de éstos a niveles superiores a través de presas previamente contaminadas por estos elementos. Fuente: Ecologistas en acción (2017).

Se espera que la presencia de microplásticos en los alimentos siga creciendo (por la fragmentación de los plásticos presentes y la incorporación de más plásticos en el medio ambiente), aún más, si no se toman medidas para limitar el uso de estos materiales, por lo que este riesgo tendría que ser reevaluado con cierta frecuencia (ACSA, 2019).

3.6.1. Bioacumulación y Biomagnificación

Un problema relevante en relación a los microplásticos es que muchas especies marinas los confunden con alimento y los consumen, convirtiéndose en una especie de plancton de plástico. Los compuestos tóxicos del plástico se adhieren a los tejidos de los animales, pasan a la cadena trófica y pueden llegar al ser humano. Esto en resumen es la bioacumulación y como tal se define como el proceso de depósito gradual durante un determinado tiempo de la sustancia química en el organismo de un ser vivo. Esta clase de absorción se puede dar porque el producto es absorbido más rápidamente de lo que puede ser utilizado o porque no puede ser metabolizado. Sea

cual fuere la razón, si el producto que se acumula es nocivo puede llegar a ser problemático para la salud de las personas y del medioambiente (Portillo, 2020).

“La Bioacumulación y biomagnificación de los contaminantes tóxicos pueden poner en riesgo la salud humana. Si los seres humanos terminamos consumiendo organismos que están en una posición relativamente alta en la cadena trófica estamos expuestos a ingerir altas dosis de algunos productos químicos nocivos que sean ido acumulando a través de la cadena alimenticia”. Por ejemplo, el pez espada, el tiburón y el atún a menudo han acumulado grandes cantidades de mercurio. Muchos de los llamados pescados azules suelen tener grandes concentraciones de bifenilos policlorados. Este agente químico también acaba siendo bioacumulado, pero en el organismo de los seres humanos (Portillo, 2020).

Bastidas (2019) menciona varios ejemplos acerca del consumo de plástico por animales:

- El 74% (en peso) de lo que consumen las tortugas marinas es plástico, ya que lo confunden con medusas.
- Las aves como los albatros, confunden las resinas de plástico con huevos de peces, por lo que al final mueren de inanición o daños de órganos.
- Existe un 89% de probabilidad que los arrecifes de coral se enfermen al estar en contacto con microplásticos (Figura 13).
- La presencia de microplásticos en la superficie del mar impide que el plancton o algas reciban la luz solar necesaria para su metabolismo, lo que perjudica el resto de la cadena alimenticia.

La contaminación plástica no solo plantea riesgos para la seguridad y la salud de los animales marinos, sino que también tiene implicaciones económicas y para la salud de los humanos (Bastidas, 2020).

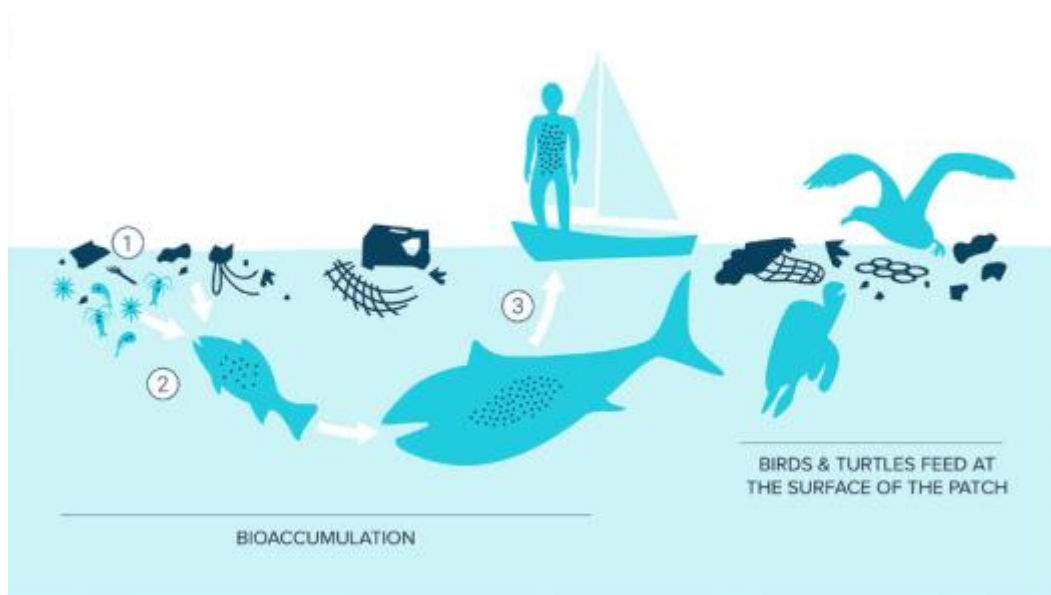


Figura 13. Alrededor del 89% del plástico en el océano se bioacumula. Fuente: Bastidas (2020).

Según informa la LESQO¹⁰ (2021) una vez que están en el ambiente los contaminantes como metales pesados y pesticidas organoclorados, entre otros, ingresan en los organismos y pueden acumularse en sus tejidos, siendo así parte de dos procesos muy importantes para la ecotoxicología y la química ambiental: la bioacumulación y la biomagnificación (Figura 14).

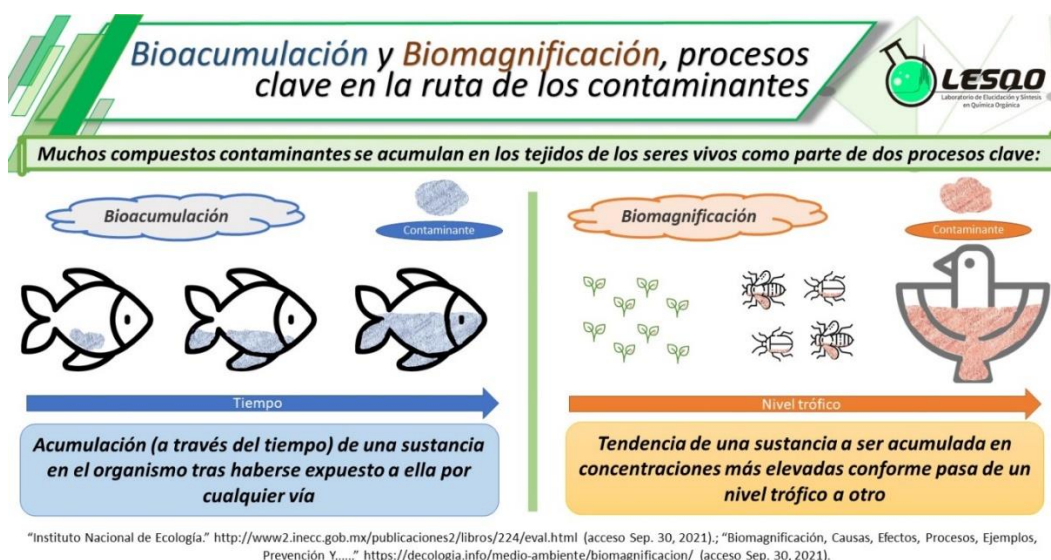


Figura 14. Bioacumulación y Biomagnificación, procesos clave en la ruta de los contaminantes. Fuente: LESQO (2021).

¹⁰ Laboratorio de Elucidación y Síntesis en Química Orgánica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.

3.6.1.1. Microplásticos y su impacto en la fauna dulce acuícola Argentina

En el año 2019 Martín Bletter, investigador adjunto del Conicet en el Instituto Nacional de Limnología difundió información acerca de datos preocupantes obtenidos de análisis realizados en las especies más representativas de la Costa del Río Paraná, entre ellos los sábalo, ya que el 100% de los mismos contenían microplásticos, advirtiendo que pueden replicarse en peces que habitan en aguas santafesinas. A partir de este hallazgo, el equipo de investigación amplió el espectro de búsqueda a otras dos especies muy conocidas en la región: las rayas y los armados. En el caso de estos peces, los análisis mostraron aún mayor presencia de microplásticos que en el sábalo, posiblemente porque es una especie omnívora. En el caso de los peces carnívoros, como la raya, al ingerir otros peces lo incorpora a su propio organismo y se produce un fenómeno que se denomina biomagnificación donde un contaminante pasa de un individuo a otro tras ser consumido. Dado que, el Río Paraná atraviesa Paraguay, Argentina y Brasil otras especies pueden estar siendo también afectadas. Bletter continúa trabajando sobre el tema, siendo su objeto de investigación las aves acuáticas, ya que han registrado contaminación por plásticos en nidos en los que hallaron fragmentos de guata sintética (poliéster), bolsas (polietileno), tanzas de pesca (nylon) y goma espuma (espuma de poliuretano). Hasta el momento los resultados apuntan que hasta el 90% de la cámara de incubación de estos nidos está levantada con residuos plásticos y que sólo el 10% restante son materiales naturales como pasto seco o paja, materiales que comúnmente deberían utilizar. Al encontrarse con resultados alarmantes se seguirá estudiando sobre el tema.

El biólogo explicó que no puede asegurar que los microplásticos encontrados en el sistema digestivo de los peces puedan pasar al músculo, que es la parte comestible. Por ello, se puede decir al respecto que descubrir si el consumo y afectación a la salud humana es una tarea exclusiva para el área médica y así determinar si presenta algún riesgo ya que hay una división grande entre ambas disciplinas. (Rico, 2019)

También en el año 2019, investigadores de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan realizaron un registro donde se documentó por primera vez micro y mesoplásticos en una especie vulnerable en el río cordillerano Los Patos, perteneciente a la localidad de Barreal de la provincia de San Juan, más precisamente al oeste árido de la Argentina. Esto da cuenta del peligro que corren las especies de agua dulce y de la mala gestión de residuos de la provincia,

pudiendo ser más peligroso aun para los habitantes, si consumen pescado contaminado (Figura 15). (Acosta *et al.*, 2019)



Figura 15. Filamentos de micro y meso plástico observados bajo lupa binocular (20 X y 40 X aumentos), escala de representación 1 mm. Fuente: Acosta *et al.* (2019)

3.6.1.2. Del mar al plato

Se han realizado estudios recientes y análisis hallando restos de microplásticos en muchos productos procedentes del mar y otras fuentes. Uno de los más actuales señala que hasta el 90% de la sal de mesa que llega a nuestros hogares tiene una cantidad de estos derivados del petróleo (Ramos, 2018).

En el año 2018, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) revelaba que, a pesar de no existir estudios suficientes, sí se puede asegurar que la presencia de microplásticos en los productos provenientes del mar traería consecuencias para la salud humana debido a la exposición del organismo a los aditivos y contaminantes que estos desprenden. Por lo tanto, este organismo considera que sería necesario realizar investigaciones más exhaustivas para evaluar apropiadamente los riesgos para la salud humana de estos componentes.

En el año 2018 la OCU¹¹ analizó la concentración de plásticos en algunos productos del mar y determinó que el 68% tenían microplásticos. Entre los alimentos que se incluyeron en el análisis se encontraron los mejillones, los langostinos, las almejas, las chirlas, las gambas y la langosta. El resultado en cada uno de ellos reflejó que las concentraciones de microfibras de plástico eran variables.

3.6.2. Listado de alimentos que contienen microplásticos

A pesar de la falta de estudios sobre las consecuencias en la salud está más que documentada la presencia de microplásticos en cientos de alimentos, de manera destacada en productos procedentes de los océanos. Un reciente informe de la Organización de Consumidores y Usuarios de España señala que de los 102 alimentos de origen marino analizados se ha detectado presencia de microplásticos en 69 de ellos, principalmente microfibras y microfilms. (OCU, 2018).

Ramos (2018), detalla un listado con los diez alimentos que más trazas de plásticos contienen según estas investigaciones y la opinión de varios expertos que concuerdan:

La sal de mesa

Muchos trabajos han confirmado la presencia de microplásticos en la sal de mesa y en el más reciente de ellos, elaborado por expertos de Greenpeace, se ha analizado la sal marina de 21 países en seis continentes diferentes y 36 de las 39 sales contenían microplásticos. En dicho informe de Greenpeace y la Universidad Nacional de Incheon (Corea del Sur) concluyen que el 90% de las marcas de sal muestreadas a nivel mundial contienen microplásticos. Y además se sabe que el agua del grifo es otra de las fuentes por la que los humanos ingerimos pequeñas partículas de plástico. (Greenpeace, 2018)

De la misma forma, un estudio realizado por la OCU en 2018 encontró que el 66% de las muestras de sal analizadas contenía microplásticos, proveniente del medio ambiente y no del envase o el método de obtención, ya que no existen diferencias

¹¹ Organización de Consumidores y Usuarios de España

significativas entre los resultados de la sal envasada en plástico, cristal o cartón, ni entre la procesada industrialmente y la procesada manualmente. (OCU, 2018)

Langostas, gambas y langostinos

Según el informe presentado por la OCU (2018) más de dos tercios de las muestras de crustáceos que se analizaron, tanto frescos como congelados, tenían trazas de microplásticos. No fue el caso de los productos pelados sin tracto digestivo, en la que la cantidad de plástico determinada fue inferior.

Mejillones, almejas, chirlas

“Para que los moluscos lleguen a nuestras mesas, es necesario que pasen por un proceso de limpieza necesario para el consumo humano. Una preparación que no evita que hasta el 71% de los moluscos tengan microplásticos, principalmente microfibras, microgránulos y microfilms”. (Ramos, 2018)

Peces para consumo humano

La revista *Nature* presentó un informe en 2016 donde detalla que el 25% de los pescados que se comercializan para consumo humano contenían trazas de microplásticos o microfibras. “Presentamos algunos de los primeros hallazgos de residuos plásticos en peces vendidos directamente para consumo humano, lo que genera inquietudes con respecto a la salud humana”, advierten los expertos. (Ramos, 2018).

Cerveza

Dentro de las 24 marcas de cerveza que se analizaron durante una investigación realizada en Alemania, todas tenían alguna traza de fibras microplásticas, fragmentos y material granular (Ramos, 2018)

Miel

Al igual que la cerveza, la miel es un producto terrestre en el que también se han localizado trazas de microplásticos. Esto se produce porque las abejas introducen durante el procesamiento de la miel las partículas, según una investigación que analizaba muestras de miel de países como Alemania, Francia, Italia, España y México (Ramos, 2018).

La información mostrada permite indicar que el océano es el destino más sensible al impacto de esta epidemia de plástico, según cifras de Greenpeace en 2018, 8 millones de toneladas de basura llegan al año a mares y océanos. Se han convertido en vertederos plásticos. La solución pasa ineludiblemente por la concienciación, sumada a un esfuerzo legislativo global y transversal eficiente.

3.6.2.1. Riesgos para la salud. Caracterización del peligro

Son escasos los datos disponibles con respecto a la presencia de microplásticos en alimentos, su absorción, toxicidad y toxicocinética, y por consiguiente la exposición humana, y esto genera incertidumbres. Se necesita de amplia difusión de las investigaciones que van surgiendo con respecto a éstos temas. En el caso de los nanoplásticos estas incertidumbres son aún mayores, y se necesita más información e investigación con respecto a éstos en la mayoría de las áreas para poder realizar una evaluación de riesgos.

En relación a lo conocido sobre la contaminación con microplásticos y nanoplásticos en un informe aprobado por el Comité Científico Asesor de Seguridad Alimentaria (ACSA) en 2019, se recopilaron los conocimientos actuales con respecto a la presencia de microplásticos y nanoplásticos en la cadena alimentaria y sus posibles efectos sobre la salud humana. ACSA elaboró, además, una lista acerca de una serie de incertidumbres, hacia las que se pueden destinar los esfuerzos de los investigadores y de las instituciones que velan por nuestra Seguridad Alimentaria (Tabla 6).

Tabla 6. Estado del conocimiento acerca de la caracterización del peligro y exposición a microplásticos y nanoplásticos*

Microplásticos	Nanoplásticos
Caracterización del Peligro • Escasean datos toxicológicos sobre los efectos de los microplásticos como tales para evaluar el riesgo en el ser humano. • Existe poca de información sobre los efectos locales de los microplásticos en el tubo digestivo o sobre la microbiota. • La información disponible sobre la absorción intestinal y la distribución de las partículas de microplásticos en el organismo es muy limitada. La absorción es menor para las partículas mayores y prácticamente nula por encima de 150 µm, pero no existe bastante información cuantitativa ni sobre los mecanismos implicados, el efecto de su forma y composición. Prácticamente no existe información disponible sobre el metabolismo y excreción.	Caracterización del Peligro • Se desconoce si los microplásticos ingeridos pueden degradarse a nanoplásticos en el tubo digestivo. • Los nanoplásticos pueden ser absorbidos, distribuidos y entrar en las células, pero se desconoce su actuación y consecuencias para la salud humana. • Algunos nano materiales mostraron efectos tóxicos específicamente asociados a su pequeño volumen, pero no se pueden extrapolar directamente a los nanoplásticos. Los datos de toxicidad para nanoplásticos son básicamente inexistentes para realizar una correcta evaluación de riesgos para las personas.
Estimación de la Exposición • Existen pocos métodos disponibles para su identificación y cuantificación en alimentos. Debe señalarse que los métodos descritos para la degradación de la materia biogénica también degradan parcialmente los plásticos, por lo que presentan inconvenientes para la medición de la cantidad de plásticos. • Los datos sobre la presencia de microplásticos en alimentos son	Estimación de la Exposición • No existen métodos de análisis para la identificación y cuantificación de los nanoplásticos en los alimentos, por lo que faltan datos sobre la presencia en alimentos.

escasos. Los datos disponibles se refieren a pescados, bivalvos, crustáceos, y solo se disponen de algunos datos puntuales en otros alimentos como la miel, cerveza y sal. • Los principales aditivos de los plásticos y contaminantes adsorbidos para los que se dispone de alguna información son ftalatos, bisfenol A, PBDE, HAP y PCB. Faltan datos sobre otros contaminantes químicos. • No existen datos sobre cómo afectan a los procesos como la cocción o el horneado de los alimentos sobre el contenido de microplásticos. Tampoco existen estudios sobre el destino de microplásticos o nanoplásticos durante el tratamiento de los productos del mar	
---	--

* Fuente: ACSA (2019)

Con respecto a los nanoplásticos, se ha demostrado la translocación a través del epitelio para muchos tipos de nanopartículas, que posteriormente pueden llegar a muchos órganos, incluido el cerebro. Además de la barrera hematoencefálica, también se cree que pueden cruzar la barrera placentaria. La EFSA destaca que debe tenerse en cuenta que solo se han estudiado nanopartículas de poliestireno y que la captación y toxicidad dependen mucho de la naturaleza química del material, junto con el tamaño, forma y otras propiedades fisicoquímicas. Por lo tanto, las extrapolaciones de estudios sobre un tipo de nano material deberán realizarse con cautela. (ACSA, 2019)

Año a año científicos de todo el mundo nos brindan información sobre el tema microplásticos que alertan sobre su incidencia en la salud. En marzo de 2022 Environment International publicó un estudio titulado “Descubrimiento y cuantificación de la contaminación por partículas plásticas en humanos” donde se señala la

identificación de cuatro polímeros de alto volumen relacionados con el proceso de producción de plástico y cuantificado por primera vez en sangre. (Leslie, 2022)

The Endocrine Society (2009), presentó evidencia sobre los efectos de los disruptores endocrinos sobre la reproducción masculina y femenina, el desarrollo de la mama y el cáncer, el cáncer de próstata, la neuroendocrinología, la tiroides, el metabolismo y la obesidad, y la endocrinología cardiovascular. Los resultados de modelos animales, observaciones clínicas humanas y estudios epidemiológicos convergen para implicar a los DE como una preocupación significativa para la salud pública. (Diamanti *et al.*, 2009)

La EFSA, en un informe sobre presencia de micro y nanoplásticos en los alimentos, particularmente en productos de la pesca, concluyó que no se puede realizar una evaluación completa del riesgo y peligro, ya que no hay datos suficientes sobre la presencia de esas sustancias en alimentos, sobre su destino una vez llegan al tracto gastrointestinal y sobre su toxicidad (EFSA, 2016).

Por consiguiente, con respecto a evidencias científicas actuales sobre la exposición y toxicidad de los microplásticos y nanoplásticos la misma es muy limitada, aunque EFSA estimó en 2016 que la exposición humana a los aditivos contaminantes de los microplásticos presentes en los productos de la pesca tendría un escaso efecto sobre la salud de la población. La reducción del uso de plásticos es la principal medida para reducir la exposición a estas partículas, sería necesario aumentar el número de investigaciones sobre el tema para aclarar todas estas cuestiones.

Por el contrario, sí se conoce bastante bien la toxicidad de gran parte de los aditivos y de los contaminantes ambientales que pueden liberarse de las partículas de microplásticos (EFSA, 2016)

Dada la escasa información que existe en torno a la presencia de microplásticos y nanoplásticos en los alimentos, y en particular para las partículas de menor tamaño (< 150 μm), así como de su adsorción por el organismo, de su toxicidad y del efecto del procesado, la principal medida es el fomento de la investigación en todas estas áreas detalladas.

Del mismo modo, es necesaria la estandarización de la metodología para mejorar la vigilancia de éstas micro y nanopartículas en los alimentos.

También cabe destacar que la medida de reducción del uso de plásticos que ya se está aplicando en muchos países contribuirá a frenar la generación de estas partículas y, por lo tanto, su incorporación a los alimentos (Comisión Europea, 2018).

3.7. Medidas preventivas para disminuir la contaminación y exposición a los plásticos microplásticos y nanoplásticos

Entre las medidas preventivas propuestas para disminuir la magnitud del problema se encuentra la reducción y prohibición de la utilización de los plásticos de un solo uso. Los plásticos de un solo uso representan el 70% de todos los residuos marinos. Se engloban en esta categoría los hisopos para los oídos, los cubiertos, los platos, los sorbetes, los envases para comidas y bebidas y las bolsas de plástico oxodegradables, entre otros. La Unión Europea (2018) ya planea su prohibición o la limitación de su uso. (Vázquez, 2019) (Figura 16).



Figura 16. Plásticos de un solo uso. Fuente: Comisión Europea (2018)

Numerosos fabricantes de todo el mundo ya se han puesto en conocimiento de que la lucha contra el plástico es imparable. Fácilmente se encuentran en el mercado alternativas que nos facilitan la tarea de evitar el consumo de estos plásticos, pero también es importante generar conciencia. Comprar a granel, como también recomienda la OCU, utilizar botellas reutilizables y envases de metal o vidrio para llevar la comida al trabajo, y sustituir los utensilios de plástico por unos de bambú, son acciones sencillas que podemos implementar en nuestro hogar. (Vázquez, 2019).

Hermida (2011) sostiene que “Aunque consiguiésemos reciclar el 100% del plástico que se produce a nivel global, cosa que parece lejana —por no decir imposible—, el problema del exceso de plásticos no desaparecería”.

Hermida (2011) también se pregunta: ¿se optará sólo por legislar para reducir la velocidad de llenado de los rellenos sanitarios o se busca legislar para reducir el impacto ambiental de los residuos? En tal sentido propone:

i) un, mejor conocimiento de todos los tipos de plásticos “permitiría elegir mejor cuáles utilizar día y día y, sobre todo, para qué”.

ii) Opta por una economía verde que contemple el empleo de plásticos que puedan biodegradarse para reducir el daño ambiental que se produce al desecharlos; y,

iii) la legislación tendría que incluir la obligatoriedad de cumplir con la normativa internacional que asegure que la degradación no deje residuos que puedan perjudicar al ambiente o la salud.

Hermida (2011) señala también que “Este tema está en plena discusión y, como vemos, la Ciencia de Materiales tiene muchos elementos para aportar a fin de llegar a una apropiada solución del problema. Es decir, vemos cómo nuestro conocimiento sobre los materiales puede contribuir a mejorar la calidad de vida de la sociedad mediante un desarrollo sustentable que destaque la preservación de ambiente”

A medida que los gobiernos restringen el uso del plástico y regulan de modo más estricto y sostenible aspectos relacionados con su composición y reciclado, distintas asociaciones de consumidores como la OCU (2018) de España también anima a los consumidores a tomar medidas para evitar o para utilizar menos plástico y ofrece las siguientes recomendaciones:

- Si se compran productos envasados, dar preferencia a otras alternativas que no sean de plástico (huevos en cajas de cartón)
- Hacer la compra con bolsas reutilizables o llevar nuestro carrito de la compra.
- Utilizar una cantimplora de aluminio en vez de comprar agua embotellada.
- Desterrar el uso de los productos de usar y tirar (sorbetes, vasos desechables, palitos de café, encendedores...)
- Sustituir los productos de higiene que lleven micro esferas o que estén envasados en plástico por otros alternativos: gel de ducha por pastilla de jabón, champú sólido o dentífrico en pastilla...
- Leer la composición de la ropa y optar por fibras naturales (algodón, lino) antes que por las sintéticas (poliéster, elastano) que desprenden microplásticos por erosión durante el uso y lavado.
- Antes de comprar un objeto de plástico, tratar de localizar otro de segunda mano y en buen estado, o buscar una alternativa que no sea de plástico.

Finalmente, y en relación a la situación actual de residuos generados en el contexto de la pandemia generada por el Covid-19, pueden realizarse las siguientes consideraciones acerca de la necesidad de implementar medidas para disminuir la contaminación generada por los residuos sanitarios. En tal sentido, puede mencionarse el informe realizado por la OMS (2022) donde indica que “a nivel

mundial, faltan servicios seguros de gestión de residuos para los residuos sanitarios, especialmente en los países menos adelantados. Los últimos datos disponibles (de 2019) indican que 1 de cada 3 centros de salud en todo el mundo no gestiona de forma segura los residuos sanitarios”. En el año 2020, distintas organizaciones ambientalistas y científicos, entre ellos Opération Mer Propre, alertaron sobre la creciente presencia de mascarillas y guantes descartables en playas y mares en distintos rincones del mundo.

También cabe destacar que La FAO promueve la aplicación del enfoque “Una salud” como parte de la transformación del sistema agroalimentario a favor de la salud de las personas, animales, plantas y el medio ambiente. Esto se traduce en una variedad de agentes y labores relacionadas con la agricultura sostenible, la sanidad animal, vegetal, forestal y acuícola, la inocuidad alimentaria, la resistencia a los antimicrobianos (RAM), la seguridad alimentaria, la nutrición y los medios de vida. Garantizar el enfoque “Una salud” es esencial para lograr progresos con vistas a anticipar, prevenir, detectar y controlar las enfermedades que se propagan entre los animales y los seres humanos, hacer frente a la RAM, asegurar la inocuidad de los alimentos, prevenir las amenazas para la salud humana y animal relacionadas con el medio ambiente y combatir muchos otros desafíos. La adopción del enfoque “Una salud” resulta también fundamental para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). (FAO, 2021)

3.8. Marco regulatorio sobre el uso de plásticos en Argentina

En Argentina se apunta a atenuar el impacto en los cuerpos de agua generado por la basura marina y los microplásticos. En el año 2019 la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, aprobó los lineamientos nacionales para abordar la problemática de los plásticos y su impacto en los ecosistemas acuáticos. Mediante la resolución 407/2011, se establecieron los ejes de trabajo sobre los distintos aspectos orientados a la producción sustentable, el uso responsable, la gestión integral de los residuos y la mitigación de la contaminación.

El plástico está presente de manera constante como desecho en los cuerpos de agua debido al manejo ineficiente de residuos y la falta de infraestructura para su gestión ambiental, el escaso reciclado y recuperación y el vertido de estos en la tierra o en los mares, entre otros factores. Como respuesta a esta problemática, la cartera de Ambiente nacional desarrolló lineamientos con los que se busca establecer un plan de

acción a nivel federal que integre y potencie los esfuerzos locales con vistas a avanzar hacia un objetivo común, y así detener la contaminación de los cuerpos de agua producida por plásticos y microplásticos (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019). Para alcanzar esta meta se espera contar con el esfuerzo, compromiso y la cooperación de diversos sectores, como autoridades nacionales y locales, la industria, el ámbito científico-tecnológico, las organizaciones de la sociedad civil y los ciudadanos. Cabe destacar que los diversos convenios internacionales y los acuerdos globales voluntarios suscritos por Argentina fueron tomados en consideración para el desarrollo de los lineamientos citados, que son el puntapié inicial de una estrategia que apunta a lograr que el país se adecúe a las políticas y decisiones globales sobre esta problemática.

Actualmente en nuestro país solo se sancionó hasta la fecha, y se cumple de manera parcial, la Ley 13868/2008 – “Uso de Bolsas de Polietileno. Prohibición”. En los supermercados se siguen ofreciendo las bolsas, aunque se apunta al uso de bolsas reutilizables ofrecidas por los mismos comercios. La idea es evitar que las bolsas terminen contaminando nuestro medio ambiente y su vez mares y peces que terminan siendo nuestro alimento.

A su vez se encuentra en proyecto de ley y bajo el expediente Presupuestos mínimos de protección ambiental para la reducción progresiva y prohibición específica de los plásticos de un solo uso. Sin aprobarse aún y a la espera de que se sancione para que las industrias comiencen a reducir la producción de ciertos productos plásticos de un solo uso.

Los objetivos específicos que contempla la ley son los siguientes:

- a) prohibir, progresivamente, la utilización de determinados plásticos de un sólo uso y promover procesos de sustitución por alternativas reutilizables, compostables o biodegradables;
- b) promover la transición de hábitos de consumo en las personas con el objetivo de disminuir los productos descartables de un sólo uso y en particular los de materiales plásticos;
- c) concientizar sobre el impacto ambiental de ciertos productos plásticos con destino sanitario a través de reglas de etiquetado;
- d) promover el cuidado de los cursos de aguas y de las áreas protegidas, promoviendo la reducción de la contaminación por plásticos, microplásticos y por filtros o colillas de cigarrillos;

- e) estimular la transformación y readecuación de los procesos de producción de los plásticos de un solo uso, promoviendo su reemplazo por materiales compostables y biodegradables; y promover la gestión adecuada de los residuos plásticos por parte del productor en aplicación del Principio de Responsabilidad de la ley 25.675;
- f) impulsar cambios en las dependencias del Estado con el fin de promover la adecuación de los hábitos de consumo a lo dispuesto por la presente ley;
- g) implementar acciones coordinadas entre las jurisdicciones nacional, provincial, municipal y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires a fin de impulsar, controlar, sancionar y monitorear lo dispuesto por la presente ley e instrumentar políticas integrales orientadas al cumplimiento de la presente.

CAPÍTULO IV

CONSIDERACIONES FINALES

Los microplásticos y la poca información que se brinda sobre ellos a los consumidores constituyen uno de los grandes problemas, entre otros, que están generando una preocupación emergente a nivel mundial y la más grande del siglo XXI. Sin ir más lejos, cada minuto se arrojan al mar toneladas de basura, en su mayoría residuos plásticos. Esta contaminación, que está presente en todos los lugares y océanos del planeta, también afecta a los alimentos de origen marino que llegan a nuestras mesas. Puede indicarse que la presencia y efectos de microplásticos es una cuestión emergente con impacto a nivel mundial. Se avanzó mucho en el estudio del ámbito marino y solo en los últimos años se ha empezado a valorar en aguas destinadas al consumo humano, entre otros productos que evidenciaron presencia de microplásticos o los químicos que se asocian a ellos.

Los resultados de los diferentes estudios publicados son evidencia legítima de que se necesita un estudio más profundo del tema para definir legalmente y describir de manera fundamentada los microplásticos y estandarizar métodos analíticos que permitan la comparación de resultados a la hora de estudiar los mismos.

Existe poca evidencia científica, pero cabe destacar que día a día investigadores de todo el mundo se comprometen con el tema estudiando efectos potenciales y la presencia de microplásticos en la cadena alimentaria, el agua de consumo y demás productos que se describieron en este trabajo. Estas investigaciones van cobrando importancia en diferentes países del mundo para que a futuro exista un control y así se pueda llegar a proponer un parámetro de vigilancia global.

Se destaca que el interés y la preocupación por los disruptores endócrinos no ha dejado de crecer y que, con el inicio de este nuevo siglo las investigaciones se han intensificado, sumando investigadores de todo el mundo a abordar sobre el tema, incluyendo a científicos de la OMS, logrando una mejor comprensión de sus efectos en la salud humana y la fauna silvestre, destacando su capacidad de producir cáncer y alterar las funciones del sistema endócrino, entre otras, pero todas generan incertidumbres en consumidores de todo el mundo por la falta de información sobre el tema.

Otra carencia muy importante que pude corroborar en la información bibliográfica es que no se cuenta con información toxicológica armonizada, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas químicas, en especial, para muchas

sustancias que se asocian con los envases de plástico, incluso para las sustancias que se han identificado y caracterizado como peligrosas.

Solo en algunas partes del mundo se están dirigiendo acciones, en primer lugar, a reducir el origen primario de los microplásticos, controlando su uso en la composición de otros productos. Sin embargo, la mayor dificultad se encuentra en la gestión de los originados por degradación de los plásticos ya presentes en el agua como los microplásticos y macroplásticos. En este sentido, ya se está empezando a legislar, limitando el uso de plásticos de un solo uso.

En nuestro país se necesita de un compromiso más firme que se enfoque a reducir el uso y no solo a reciclar. Pero sin la ayuda de las empresas y el gobierno que brinde las herramientas y leyes acordes sería imposible lograr la reducción y el uso responsable. Si no se promueve el cuidado de la salud de los consumidores día a día seguirán apareciendo enfermedades relacionadas con los plásticos y de no realizarse un plan de control de los mismos difícilmente se podrá frenar este problema que ya forma parte de nuestra vida y la salud.

Para lograr cambios significativos se requiere del aporte de todos, con un enfoque solidario: gobierno, empresas privadas y ciudadanos guiados y sustentados con políticas públicas, cuyo objetivo central apunte a una economía circular, en la que los plásticos transiten el mayor tiempo posible, y no solo apuntar al reciclado, sino al uso consiente de los mismos.

Asimismo, estos aportes favorecerían el logro de contar con un concepto de salud colaborativo enfocado y dirigido a múltiples niveles del Estado y privados para lograr mejores resultados que abarquen salud ambiental, salud animal y salud humana como *Una salud*.

V. Bibliografía

- Abbas N. (2021). *Qué son los microplásticos: definición y tipos*.
<https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-microplasticos-definicion-y-tipos-1543.html>
- Acosta J., Valenzuela A., Gómez F. (2019). *Registro de micro y mesoplásticos en el tracto digestivo de la especie vulnerable Olivaichthys cuyanus (Siluriformes: Diplomystidae), en el río cordillerano Los Patos, San Juan, Argentina*.
https://www.researchgate.net/publication/337822114_Registro_de_micro_y_mesoplasticos_en_el_tracto_digestivo_de_la_especie_vulnerable_Olivaichthys_cuyanus_Siluriformes_Diplomystidae_en_el_rio_cordillerano_Los_Patos_San_Juan_Argentina_MULTE_QUINA
- ACSA (Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria). (2019). *Microplásticos y nanoplásticos en la cadena alimentaria: Informe de situación actual*.
<https://seguridadalimentaria.elika.eus/microplasticos-y-nanoplasticos-en-la-cadena-alimentaria-informe-de-situacion-actual/>
- Agencia de Protección Ambiental (EPA). (1 de marzo de 2010). *Agencia de Protección Ambiental. La EPA publicó su plan de acción respecto del bisfenol A (BPA)*.
https://es.factsaboutbpa.org/blog/study_regions/usa/
- Albarrán D. (2019). *Greenpeace. 4 animales que sufren por la contaminación plástica*.
<https://www.greenpeace.org/mexico/blog/2588/4-animales-que-sufren-por-la-contaminacion-plastica/>
- Álvarez, D. O. (30 de septiembre de 2021). *Polímeros naturales y artificiales*.
<https://www.ejemplos.co/polimeros-naturales-y-artificiales/>
- Arvelo F., Sojo F., y Cotté, C. (2016). *Contaminación, disruptores endocrinos y cáncer*.
<http://ve.scielo.org/pdf/ic/v57n1/art09.pdf>
- Azaretzky, M., Ponzob, O., Vialec, L., Fernández, G., Sedlinskye, C., Lasagaf, M., Scagliag, H., Lewitanh, G., Pozniaki, S., y Leidermanc S. (2018). *Revisión. Disruptores endocrinos: Guía de reconocimiento, acciones y recomendaciones para el manejo médico*. *Rev Argent Endocrinol Metab.* 55(2), 89-98.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30342018000200021
- Bastidas C. (2019). *Microplásticos: Una amenaza al Mundo Marino y al Ser Humano*. Recuperado de: <https://gruntium.com/2020/05/04/microplasticos-una-amenaza-al-mundo-marino-y-ser-humano/>
- Bergman, A., Heindel, J. J., Jobling, S., Kidd, K. A., y Zoeller, R. H. (editores). (2012). *Estado de la Ciencia de los Disruptores endocrinos*.

<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/12223/EDCSP.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Bollain Pastor, C. y Vicente Agullo, D. (2019). Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública. *Rev. Esp. Salud Pública*, 93.

<https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v93/1135-5727-resp-93-e201908064.pdf>

CAIRPLAS (Cámara de la Industria de Reciclados Plásticos). (2019). *Qué son los plásticos*.

<https://cairplas.org.ar/plasticos/>

Chavarrías M. (2019). *Diez fuentes de microplásticos que pueden acabar en tu boca (y lo ignoras totalmente)*.

<https://es.weforum.org/agenda/2019/11/diez-fuentes-de-microplasticos-que-pueden-acabar-en-tu-boca-y-lo-ignoras-totalmente/>

Comisión Europea. (16 de enero de 2018). *Una estrategia europea para el plástico en una economía circular [Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo]*.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0028&from=FR#:~:text=Esta%20estrategia%20establece%20las%20bases,promoci%C3%B3n%20de%20materiales%20m%C3%A1s%20sostenibles.>

Condislife. (25 de junio de 2018). *Tipos de plásticos, composición, usos y peligros*.

<https://condislife.com/2018/06/25/tipos-de-plasticos-composicion-usos-y-peligros/>

Cortés, C., Domenech, J., Salazar, M., Pastor, S., Marcos, R., y Hernández, A. (2020).

Nanoplastics as potential environment al health factor. Effects of polystyrene nanoparticles on the human intestinal epithelial Caco-2 cells. *Environmental Science: Nano*, 7, 272-285 <https://doi.org/10.1039/C9EN00523D>

Costas, E. y López Rodas, V. C. (22 de octubre de 2021). *Salud y cambio global: Los Microplásticos ya invaden nuestro cerebro, pulmones*.

<https://buscandorespuestas.lne.es/salud/salud-cambio-global-peligro-microplasticos/>

Diamanti-Kandarakis, E., Bourguignon, J. P., Giudice, L. C., Hauser, R., Prins, G. S., Soto, A. M., Zoeller, R. T., y Gore, A. C. (2009). *Sustancias químicas disruptoras endocrinas: una declaración científica de la Sociedad Endocrinología*.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19502515/>

ECOPLAS. (2013). Sistema de Codificación de los Materiales Plásticos (Basado en la NORMA IRAM 13700). *Boletín Técnico Informativo N° 4*.

EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria). (2015). *Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs*.

<https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3978>

EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria). (2016). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal* 14 (6), 4501

- Ellen MacArthur Foundation. (2016). *La nueva economía del plástico: Repensando el futuro de los plásticos*. <https://foremex.com.mx/blog/futuro-plastico.html>
- Eljarrat, E. (2020). *El número de partículas de microplástico ingeridas a través de botellas de plásticos es 25 veces superior a la del grifo*. Consejo Superior de Investigación Científica. <https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/eljarrat-el-numero-de-particulas-de-microplastico-ingeridas-traves-de-botellas>
- Eyo M. (2022). *¿Es seguro el plástico para la salud? Casa que suma*. <https://www.casaquesuma.com/plastico-seguro-para-salud/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *Los microplásticos en sectores de pesca y acuicultura. ¿Qué sabemos? ¿Deberíamos preocuparnos?* <https://www.fao.org/publications/card/fr/c/CA3540ES/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021) *Una Salud*. <https://www.fao.org/one-health/es/>
- Gaetano, L., Payet, R., de Villamore, E. (2020). *Los aditivos tóxicos del plástico y la economía circular*. https://ipen.org/sites/default/files/documents/plastics_and_additives_final-low-o-es.pdf
- Gaviola, S. (coord.). (2019). *Guía de actuación y diagnóstico de enfermedades profesionales. 03 Exposición a plásticos*. Buenos Aires, Superintendencia de Riesgos de Trabajo.
- GESAMP (Grupo de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Protección Ambiental Marina). (2015). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment*. https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf
- GESAMP (Grupo de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Protección Ambiental Marina). (2016). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment*. <http://www.gesamp.org/site/assets/files/1275/sources-fate-and-effects-of-microplastics-in-the-marine-environment-part-2-of-a-global-assessment-en.pdf>
- Greenpeace. (2018). *Datos sobre la producción de plásticos*. <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>
- Greenpeace. (2018). *Más del 90 de las marcas de sal que comemos contienen microplásticos*. <https://es.greenpeace.org/es/sala-de-prensa/comunicados/mas-del-90-de-las-marcas-de-sal-que-comemos-contienen-microplasticos/>
- Hermida, E. (2011). *Polímeros. Macromoléculas*. http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf.

- Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio, MP. (2018). *Metodología de la Investigación* (6ta.ed.) México: McGraw Hill.
- Juan-García, A., Gallego, C., Font, G. (2015). Toxicidad del bisfenol A: Revisión. *Revista de Toxicología* 32(5), 144-160.
- Leslie HA, van Velzen MJM, Brandsma SH, Vethaak AD, Garcia-Vallejo JJ, Lamoree MH. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412022001258?via%3Dihub>
- Ley 25.675. [Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina]. Ley General del Ambiente. 27 de noviembre de 2022.
- Ley 13868. [Senado y Cámara de Diputados de la provincia de Buenos Aires]. Prohíbe en todo el territorio de la Provincia de Buenos Aires el uso de bolsas de polietileno y todo otro material plástico convencional. 31 de agosto de 2009.
- Martín A. (30 de mayo de 2018). *Anillos de plástico: la derrota del verdugo de los mares que prueba que se puede ganar esta guerra*. https://www.elespanol.com/ciencia/medio-ambiente/20180511/anillos-plastico-derrota-verdugo-prueba-ganar-guerra/306469680_0.html
- Merino M, Pérez Porto J. (2015). *Definición de polímeros*. <https://definicion.de/polimeros/>
- Moreno G. (9 de enero de 2020). *Guerra contra el plástico. 70 años de 'boom' del plástico*. <https://es.statista.com/grafico/20441/produccion-de-plastico-a-nivel-mundial/>
- OCU (Organización de Consumidores y Usuarios de España) (5 de junio de 2018). *OCU halla microplásticos en el 68% de los alimentos analizados*. <https://www.ocu.org/organizacion/prensa/notas-de-prensa/2018/microplasticos-050618>
- Ojeda, J. P. (2019). Generación de residuos de plástico: la importancia de la prevención. <http://www.politicaspublicas.uncu.edu.ar/articulo/generacion-de-residuos-de-plastico-la-importancia-de-la-prevencion>
- ONU. (2018). *Cambio climático y medio ambiente*. <https://news.un.org/es/story/2018/06/1435111>
- ONU. (2021). *El uso exagerado del plástico durante la pandemia de COVID-19 afecta a los más vulnerables*. <https://news.un.org/es/story/2021/03/1490302>
- ONU. (2022). Draft resolution. [End plastic pollution: Towards international legally binding instrument]. Recognizing the plastic pollution includes microplastics.
- Pombo Arias M., Castro-Feijóo, L., Barreiro Conde, J. y Cabanas Rodríguez, P. (2020). *Una revisión sobre los disruptores endocrinos y su posible impacto sobre la salud de los humanos*.

<https://www.endocrinologiapediatrica.org/modules.php?name=articulos&idarticulo=619&idlangart=EN>

Portillo, G. (2020). *Bioacumulación*. <https://www.renovablesverdes.com/bioacumulacion/>

Ramos; P. (1 de diciembre de 2018). *10 alimentos que comes y contienen microplásticos*.
<https://www.eltiempo.es/noticias/alimentos-con-microplasticos>

Resolución 407/2019. [Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable]. Por la cual se aprueban los lineamientos tendientes a lograr el manejo ambientalmente racional de los plásticos. 18 de octubre de 2019.

Rico T. 2019. *Encontramos microplásticos en el 100% de los ejemplares de sábalos analizados*. Recuperado de: https://www.ellitoral.com/area-metropolitana/encontramos-microplasticos-100-ejemplares-sabalos-analizados_0_X90ORNaD6w.html

Rojo-Nieto, E. y Montoto, T. (2017). Basuras marinas, plásticos y microplásticos orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. Andalucía, *Ecologistas en Acción*.

RSS (Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad). (2021). *Plásticos: qué son, características, tipos y reciclaje*. <https://www.responsabilidadsocial.net/plasticos-que-son-caracteristicas-tipos-y-reciclaje/?amp>

Samaja, J. (2004) *Epistemología y Metodología: elementos para una teoría de la investigación científica* (3ra. ed.). Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.

Sbarbati Nudelman, N.(ed) (2020). *Residuos plásticos en Argentina: su impacto ambiental y en el desafío de la economía circular*, Buenos Aires: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2019). *Plásticos: Ambiente establece lineamientos para gestionar su ciclo de vida*.
<https://www.argentina.gob.ar/noticias/plasticos-ambiente-establece-lineamientos-para-gestionar-su-ciclo-de-vida>

Universidad Autónoma de Barcelona. (2020). *Mutagénesis*.
<https://grupsderecerca.uab.cat/mutagenesi/es/content/l%C3%ADneas-de-investigaci%C3%B3n>

Vázquez. (2019). Impacto medioambiental del plástico y alternativas para reemplazarlo.
<https://www.bezzia.com/impacto-medioambiental-del-plastico-y-alternativas-para-reemplazarlo/>

Wikipedia (2022). *Poliestireno*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno>

World Health Organization. (2012) . *Possible developmental early effects of endocrine disrupters on child health*. World Health Organization.
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/75342>

