

Desengancharse del plástico

Problemas de un material ubicuo





Presentación

Últimamente, a nivel mundial, existe un fuerte movimiento social y científico en contra del uso de los plásticos. Sin embargo, la información referente a éstos es dispersa y en muchas ocasiones crea confusión. En este sentido, el presente informe nace con el objetivo de proporcionar una visión de los usos y consecuencias de los mismos a partir de artículos publicados por la comunidad científica, instituciones gubernamentales y empresas del sector. Tras una revisión bibliográfica, a través de este informe se define qué es el plástico, su producción actual, cómo se manejan sus residuos y cuál es su impacto a nivel de toxicidad y ecológico.

Sumario

Definición y tipos de plástico.....	3
Producción y consumo de plástico.....	6
Toxicidad del plástico	8
El plástico y la basura marina	12
Reciclado del plástico	14
Conclusiones.....	17
Bibliografía	19

Autora: Amaia Bilbao Villena, Grupo Marino de Ecologistas en Acción

Agradecimiento: A Ecologistas en Acción de Las Palmas de Gran Canaria por la revisión del informe.

Edita: Confederación de Ecologistas en Acción
Marqués de Leganés 12 - 28004 Madrid
Teléfono: +34-91-531 27 39
<http://www.ecologistasenaccion.org>

Edición: Julio 2015

Ecologistas en Acción agradece la reproducción y divulgación de los contenidos de este informe siempre que se cite la fuente.

Fotos: José Luis García Cano

Este informe se puede consultar y descargar en:
<http://ecologistasenaccion.org/article21000.html>

Definición y tipos de plástico

La palabra “plástico” se utiliza para describir un grupo de componentes artificiales o de fibras sintéticas.

Según la Real Academia Española de la Lengua, el plástico se define como *“Dicho de ciertos materiales sintéticos: Que pueden moldearse fácilmente y en cuya composición entran principalmente derivados de la celulosa, proteínas y resinas”*.

Es decir, la palabra “plástico” se utiliza para describir un grupo de componentes artificiales o de fibras sintéticas que resultan en todos los tipos de formas, tamaños, texturas y colores que se puedan imaginar. Desde textiles como los forros polares de poliéster, hasta material quirúrgico, pasando por todo tipo de piezas para aparatos electrónicos, envases, material agrícola, colchones, etc.; hoy en día es difícil encontrar un producto que no contenga plástico.

Los plásticos están hechos de monómeros y otras sustancias de partida (procedentes del gas o petróleo) que mediante una reacción química, dan lugar a una estructura macromolecular: el polímero o resina plástica. La resina plástica forma el principal componente estructural de los plásticos y para obtener el producto final, a ésta se le añaden aditivos que le confieren unos determinados efectos tecnológicos (diferentes texturas, aumento de la temperatura ignífuga, dureza, estabilidad, brillo, ...) y, son las mezclas de resinas y aditivos lo que se conoce con el nombre de materiales plásticos (*Plastivida, 2015a*). Dada la cantidad de combinaciones posibles de monómeros para fabricar polímeros y los diferentes aditivos que se usan, existen multitud de combinaciones posibles que dan lugar a multitud de tipos de plásticos.

Una simple clasificación del material plástico se puede realizar atendiendo al tipo de degradación que sufre:

- a) Los plásticos convencionales: se degradan en presencia de radiación solar y en ésta no se produce una alteración en la composición química.
- b) Los plásticos oxo-degradables: se degradan en presencia de radiación solar y oxígeno y en la degradación sí existe una alteración en la composición química.
- c) Los bioplásticos: se degradan en presencia de un ambiente biológico, mediante un proceso natural de la biosfera, y en la biodegradación sí existe una alteración en la composición química.

Los plásticos convencionales

Las resinas plásticas convencionales se caracterizan por no sufrir procesos de oxidación por la humedad y oxígeno del medio ambiente. El único agente que degrada estos materiales son los rayos ultravioleta procedentes del sol. Con el tiempo y bajo el efecto de la radiación solar, pierden resistencia y se fragmentan en partículas diminutas sin sufrir ningún cambio en su composición química; es decir, el plástico degradado sigue siendo plástico cada vez más pequeño y cuando su diámetro es inferior a 5 mm, se denomina microplástico (Barnes et al., 2009). Dado el alto peso molecular de los polímeros, este material no es biodegradable, es decir, no sirve de alimento a ningún ser vivo por lo que perdura en el tiempo (Plastivida, 2015b). Es éste uno de los problemas que posee el plástico convencional mal gestionado en el medio ambiente. Actualmente, el plástico es el mayor residuo marino y se estima que hay aproximadamente 46.000 pedazos de plástico flotante por cada milla cuadrada de océano (SGAPC, 2014). Desgraciadamente, esta cantidad seguirá aumentando a lo largo del tiempo puesto que, año a tras año se incorpora más residuo plástico que se suma al ya existente.

Los nombres completos de los materiales plásticos convencionales son complejos debido a su formulación química, por lo que es usual referirlos con acrónimos. Así por ejemplo, PET es Polietileno tereftalato, PP es Polipropileno, PEBD (en inglés el LDPE) es Polietileno de baja densidad, PEAD (en inglés HDPE) es Polietileno de alta densidad, PC es Policarbonato y ABS es Acrilonitrilo butadieno estireno.

Tabla 1. Material plástico convencional
(NOOA MarineDebris, web):

Acrónimo	Nombre completo	Productos plásticos
PET (PETE)	Polietileno tereftalato	Botellas de agua
PES	Poliéster	Ropa de polyester
LDPE o PEBD	Polietileno de baja densidad	Bolsas de plástico
HDPE o PEAD	Polietileno de alta densidad	Botellas de detergente
PVC	Policloruro de vinilo	Tuberías
PP	Polipropileno	Tapas de botellas
PA	Poliamida	Cepillos de dientes
PS	Poliestireno	Envases de comida para llevar

Con el fin de propiciar y dar más eficiencia al reciclaje de los productos plásticos, muchos de éstos se etiquetan con un Código de Identificación de Plástico (Figura 1). Este código es un sistema utilizado internacionalmente en el sector industrial para distinguir la composición de resinas y fue realizado por la Sociedad de la Industria de Plásticos en el año 1988 (Fundación ProHumana, web).

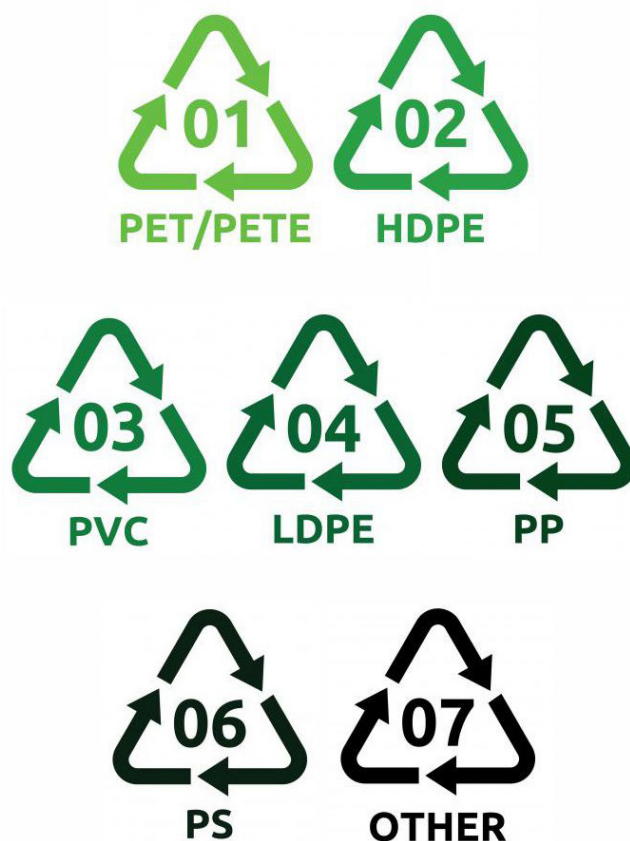


Figura 1. Código de Identificación de Plástico en inglés.

Las empresas productoras de plástico, continuamente ofertan en el mercado nuevos materiales plásticos para suplir la demanda de nuevas cualidades en los productos. Estos productos resultantes se identifican con el número 7.

Dentro de este grupo encontramos Poliamida, Policarbonato, ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno) y otros materiales plásticos elaborados con más de una de las resinas de las categorías del 1 al 6 u otros, o bien con una combinación de éstas. Sin embargo, cuando llegan a la planta procesadora no se reciclan puesto que no se sabe a ciencia cierta cuál es su composición química (Fundación Prohumana, web).

Los plásticos oxo-degradables u oxo-biodegradables

El uso de este material, identificado con la palabra degradable al 100 % o con el símbolo d2W, se ha extendido mayoritariamente como bolsas de plástico para transportar comida en los supermercados.



El plástico oxo-degradable es plástico convencional, tipo PP, PS, HPDE y LDPE más un aditivo específico, el d2W. El producto final es un material plástico con todas las cualidades del plástico convencional (resistencia, claridad, sellabilidad, permeabilidad y printabilidad) que gracias al aditivo d2W posee la propiedad de oxodegradarse u oxobiodegradarse. Es decir, por acción del oxígeno se degrada a agua, dióxido de carbono y biomasa sin presencia de un ambiente biológico, de forma totalmente artificial (*Plastirama, web*). Para que el proceso de degradación no comience al instante de ser manufacturado, se añaden estabilizantes que garanticen una vida útil suficientemente larga para la aplicación que se le quiera dar al plástico: por ejemplo, una bolsa destinada a contener residuos domésticos deberá poseer una vida útil de 18 meses antes de perder la resistencia y que se inicie la degradación, mientras que una bolsa para el pan requerirá de unas semanas.

A diferencia de lo que ocurre con el plástico convencional, en la degradación de este plástico se genera una biomasa que se supone que es aprovechable por los organismos vivos. Según *Plastivida* (2015a) (Entidad Argentina Técnica Profesional Especializada en Plásticos y Medio Ambiente, defensora del uso de plástico), desde la aparición en el mercado del plástico oxo-degradable en los años 80, han surgido muchas dudas con respecto a si la biomasa resultante es verdaderamente biodegradable según las normas internacionales de biodegradación.

Asimismo, existen dudas de que los residuos que quedan luego de la degradación artificial tengan efectos tóxicos. Según esta entidad, otra desventaja adicional de los polímeros oxo-degradables es que si se reciclan mezclados con polímeros comunes, éstos se tornan degradables con lo que se impide su reciclado a usos de larga duración como

tubos, cables, postes, etc. Igualmente, este material plástico no puede destinarse al compostaje (*Plastirama, web*) y si termina en un vertedero bajo condiciones anaerobias no se degrada, se comporta como el plástico convencional.

Cabe mencionar además, que muchas empresas productoras de plástico juegan con la palabra oxo-biodegradable y nombran este tipo de plástico como biodegradable. En realidad, esta degradación se efectúa de forma totalmente artificial y no participa ningún ser vivo, por lo que crea confusión entre los consumidores pudiendo pensar que este plástico es biodegradable.

Los bioplásticos o plásticos biodegradables

El llamado bioplástico o plástico biodegradable, es un material fabricado a base de polímeros naturales, biopolímeros, obtenidos a partir del almidón del maíz, trigo o papas, o bien a partir de un cultivo de bacterias directamente (*Plastivida, 2015b*). Estos materiales sí se biodegradan mediante una descomposición aeróbica ó anaeróbica por acción de microorganismos (tales como bacterias, hongos y algas) y en condiciones que naturalmente ocurren en la biosfera. Este tipo de material proliferó en los grandes supermercados hace unos años, a modo de bolsas para transportar la compra; sin embargo, recientemente están siendo sustituidos por los plásticos oxo-degradables.

Entre estos bioplásticos encontramos el BiopolTM (poliésteres copolímeros del tipo polihidroxibutirato), el Pululano (que es un polisacárido), el PLA (Ácido poliláctico), etc. Este último (PLA) es uno de los más conocidos y está basado 100% en el almidón obtenido del maíz, trigo o papas. Existen también bioplásticos producidos directamente por bacterias específicas que desarrollan dentro de su célula gránulos de un plástico llamado Polyhydroxyalkanoate (PHA); posteriormente estos gránulos son aislados y manufacturados.

Los biopolímeros se fabrican a pequeña escala y por lo tanto son caros. Actualmente no se utilizan de forma masiva y se comercializan en productos medicinales (suturas, material para taponajes quirúrgicos, etc.) o en aplicaciones con importante marketing ecológico (*Plastivida, 2015b*).



Producción y consumo de plástico

Cerca de un tercio de la producción actual está integrado por envases desechables que se abandonan al cabo de un año más o menos.

La producción masiva de plásticos se inició en la década de 1950 y ha aumentado exponencialmente de 1,5 millones de toneladas al año (AEMA, web) hasta niveles de 299 millones de toneladas en 2013 (Plastics Europe, 2015). Cerca de un tercio de la producción actual está integrado por envases desechables que se abandonan al cabo de un año más o menos (AEMA, web).

China es el principal país productor de plástico con un 24,8 % de la producción total (299 millones de toneladas) y Europa se encuentra en segundo lugar con una producción de 57 millones de toneladas de plástico convencional, lo que supuso un 20 % de la producción mundial (Plastics Europe, 2015). A pesar de la crisis económica actual, este sector industrial no ha visto mermada su producción en Europa y en los últimos 10 años la producción de plástico convencional se ha mantenido estable. Si bien, en este informe, Plastics Europe presume de un aumento del 40 % de plástico reciclado y recuperado desde 2006, esta cantidad equivale a 6,6 millones de toneladas. De esta forma, en 2013, 50,4 millones de toneladas seguían procediendo de material plástico nuevo.

Año tras año se producen en Europa en torno a 57 millones de toneladas de plástico que deberán ser bien gestionadas para que no terminen como residuos en el medio ambiente. A nivel mundial, esta cantidad es alarmante puesto que la producción de plástico convencional aumenta año tras año, pasando de 204 millones de toneladas en 2002 a 299 millones de toneladas en 2013. En un artículo reciente publicado en la revista Science, Jambec y col. (2015) estiman que, de los 270 millones de toneladas producidas a nivel mundial en 2012, unos ocho millones de toneladas fueron a parar al mar, incorporándose dicha cantidad a los residuos plásticos marinos ya existentes.

Según el informe de Plastic Europe (2015), el consumo de plástico convencional en Europa en 2013 fue menor que la producción para ese año y estiman que en Europa en ese año se consumieron 46,3 millones de toneladas concentrándose dos tercios de esta cantidad en cuatro países: Alemania, Italia, Francia y España. España consumió 3,5 millones de toneladas de plástico convencional. El consumo de material plástico convencional por sectores se puede observar en la Figura 2: la mayoría, en torno

a 19 millones de toneladas, fueron consumidos a modo de envases y embalajes, mientras 10 millones de toneladas se utilizaron en la construcción, 6 millones de toneladas en automoción, 3 millones de toneladas en electricidad y electrónica, 2 millones de toneladas en agricultura y 6 millones de toneladas en otros conceptos como fabricación de muebles, deportes, salud y seguridad.

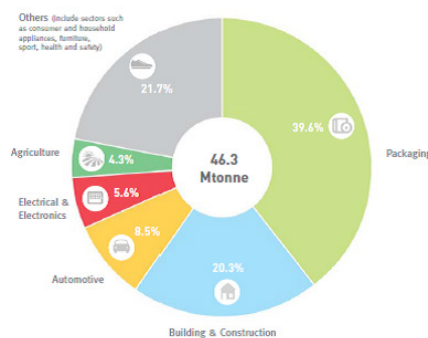


Figura 2. Consumo europeo de material plástico convencional por sectores en 2013 (Fuente Plastics Europe, 2015).

Atendiendo al tipo de plástico y productos consumidos (Figura 3) se estima que, de los 46 millones de toneladas consumidos en Europa en 2013, en torno a 9,6 millones fueron plásticos con el código de identificación 7, los cuales no se pueden reciclar puesto que no se sabe a ciencia cierta su composición, 8,7 millones de toneladas fueron Polipropileno (PP), 8 millones de toneladas fueron Polietileno de baja densidad (PELD), 5,6 millones de toneladas fueron Polietileno de alta densidad (PEHD), 4,8 millones de toneladas fueron Policloruro de vinilo (PVC) y 3,3 millones de toneladas fueron Poliestireno (PE) (Plastic Europe, 2015). De igual manera, llama la atención que la mayoría de PELDH consumido fue a modo de film transparente o bolsas para envasar y transportar alimento; es decir, se consumieron en torno a 8 millones de toneladas de plástico de sólo un uso en el caso del film y varios usos en el caso de las bolsas, si el consumidor lo reutilizó en varias compras.

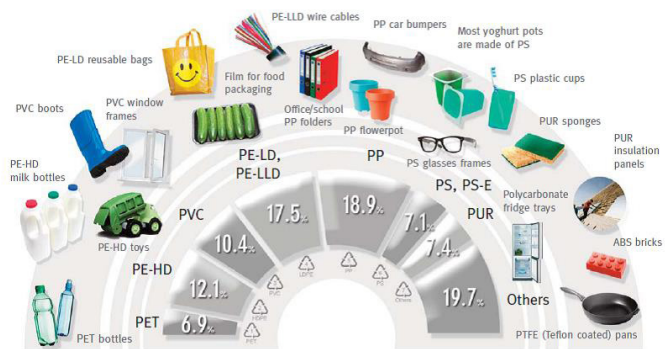


Figura 3. Porcentaje de diferentes materiales plásticos consumidos en Europa y sus principales usos en 2013 (Fuente Plastics Europe, 2015).



Toxicidad del plástico

La toxicidad del plástico en los alimentos envasados ha despertado el interés de muchos científicos y gracias a estos estudios, la Comisión Europea, decidió eliminar del mercado algunos plásticos.

En el Reglamento (UE) No 10/2011 de la Comisión de 14 de enero de 2011 sobre los materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos, se dice que el riesgo potencial para la salud que supone el polímero o resina plástica es mínimo puesto que, posee un alto peso molecular y no puede ser absorbido por el cuerpo. Este Reglamento advierte de que el riesgo potencial para la salud puede derivarse de monómeros (unidades de polímeros) u otras sustancias de partida que no hayan reaccionado o lo hayan hecho de forma incompleta, o bien de aditivos de bajo peso molecular que son cedidos a los alimentos por migración a partir del material plástico en contacto con ellos. Un ejemplo de esta migración es la lixiviación y se produce si el plástico envasa líquido, por ejemplo leche y agua. En este caso, el líquido entra en contacto con el polvo del plástico del interior de la botella y como consecuencia, se produce la disolución en el agua de uno o más componentes solubles del plástico. En este sentido, La Comisión Europea mediante el Reglamento citado anteriormente, regula el uso de los compuestos químicos permitidos para fabricar plástico.

La toxicidad del plástico en los alimentos envasados ha despertado recientemente el interés de muchos científicos y gracias a estos estudios, incluso la Comisión Europea, decidió eliminar del mercado plásticos de PC que contenían en su formulación Bisfenol-A y se comercializaban a modo de recipientes para los alimentos de bebés y niños (Directiva 2011/8/UE). En base a la bibliografía revisada y atendiendo a los diferentes tipos de plástico, las diferentes sustancias tóxicas que se pueden pasar del envase de plástico al alimento se muestran a continuación:

PET (Polietileno tereftalato)

El PET es un tipo de plástico, con número 1 según el Código de Identificación de Plástico, utilizado en las botellas y garrafas de agua.

Estudios científicos muestran que el agua embotellada en PET contiene diferentes cantidades de Antimonio (Sb), Formaldehído, Acetaldehído, Ftalatos (como el Di-2-etilhexilftalato y DEHP) y Bisfenol A (BPA). Su concentración en el agua depende de la marca comercial y se incrementa al aumentar el tiempo de almacenamiento, las horas de exposición a la luz solar y la temperatura de almacena-

je (Schmid, 2008; Westerhoff y col., 2008; Keresztes y col., 2009; Reimann y col., 2012; Bach y col., 2012; 2013; 2014; Rungchang y col., 2013; Greifenstein y col., 2013; Fan y col., 2014; Carneado y col., 2015).

Los estudios revisados (Westerhoff y col., 2008; Keresztes y col., 2009; Greifenstein y col., 2013; Carneado y col., 2015) coinciden en la existencia de una relación directa entre la cantidad de Antimonio en el agua embotellada en PET y la temperatura. La lixiviación comienza a 20°C y es crítica a 60°C puesto que la cantidad de Antimonio encontrada en el agua es significativamente superior. Carneado y col. (2015) observan que bajo estas condiciones (60°C) durante 30 días se superan, en el agua envasada, los límites de Antimonio permitidos por la Unión Europea (5 µg/L). Se ha demostrado además, que al aumentar el tiempo de exposición del envase a la radiación solar, aumenta la lixiviación de Antimonio y que además, ésta es mayor en aguas carbonatadas si las comparamos con aguas minerales (Bach y col., 2014). De esta forma, los estudios científicos recomiendan no dejar el agua en botellas de PET dentro del coche los días de verano y como alternativa a la utilización del plástico PET para envasar agua, Reimann y col., (2012) recomiendan el vidrio ya que la lixiviación de Antimonio es significativamente menor en este material. Aunque el agua se almacene durante 30 días a 80°C, las cantidades de Antimonio encontradas son siempre admisibles según lo definido por las autoridades europeas.

En cuanto a la cantidad de Ftalatos y Bisfenol A, en el agua envasada en PET, los estudios muestran que sí existe una migración de estas sustancias al agua, y si bien ésta se produce constantemente, es significativamente mayor durante los primeros 30 días de almacenaje (Greifenstein y col., 2013; Fan y col., 2014; Real y col., 2015). Sin embargo, la cantidad encontrada en el agua no sólo se debe a la lixiviación desde el PET. En un estudio reciente en España, Real y col. (2015) analizan la actividad de estos compuestos en el agua embotellada y concluyen que el envase no es la principal vía de contaminación, pudiendo ocurrir que la misma esté contaminada desde el origen.

La lixiviación de Formaldehídos y Acetaldehídos comienza una vez el envase se expone a la radiación solar (Bach y col., 2014) y además, se ha observado que los desinfectantes utilizados en la limpieza de

las botellas de PET antes de almacenar agua, pueden quedar como residuos generando contaminación por Trihalometanos (*Greifenstein y col., 2013*).

HDPE (Polietileno de alta densidad), PS (Poliestireno) y PC (Policarbonato)

El HDPE, con el nº 2 según el Código de Identificación de Plástico, es ampliamente utilizado en el envase de leche. El PS, con el nº 6 según el mismo código, es usado frecuentemente para fabricar envases de yogures. Por último, el PC, con el nº 7, se utiliza principalmente para la elaboración de biberones y garrafas de agua de máquinas expendedoras.

En estos tipos de plásticos también se observa la lixiviación de Antimonio (Sb) y Bromo (Br) en el agua; sin embargo, en condiciones de 23°C durante 60 días es significativamente menor en HDPE, PS y PC que en PET (*Krachler y Shotyk, 2009; Andra y col., 2012*). La lixiviación en estos materiales plásticos es mayor en aguas carbonatadas que en el agua pura.

Particularmente para HDPE, Loyo-Rosales y col. (2004) mostraron que el agua y la leche embotellada en este material plástico presentan por lixiviación Nonifenol.

Las aguas embotelladas en PS, por lixiviación contienen un alto contenido de Estireno y en menor cantidad Etilbenceno, Tolueno y Benceno (en cantidades establecidas como seguras según la Organización Mundial de la Salud) según un estudio realizado por Ahmad y Bajahlan, 2007. Se observa además que la lixiviación aumenta al aumentar la temperatura, por lo que estos autores, no recomiendan este envase en las máquinas expendedoras de bebidas calientes.

Cabe destacar que la Comisión Europea (Directiva 2011/8/UE) prohíbe la utilización del Bisfenol A en la fabricación de biberones plásticos de policarbonato, PC (con el Código de Identificación 7). Esta prohibición se debe a la lixiviación del Bisfenol A en el alimento introducido en los biberones, cuando se calientan a determinadas temperaturas. En dicha Directiva, se cita que animales expuestos al Bisfenol A en pequeñas dosis observan deficiencias en el desarrollo del sistema nervioso y en el comportamiento en ratas recién nacidas. Además, se intuye que la ingesta de ciertas cantidades de Bisfenol A aumenta la propensión a padecer tumores de pecho. Sin embargo, aún sabiendo el peligro que supone su ingesta, esta prohibición no se extiende a otros productos, y se permite su uso siempre y cuando por lixiviación a los alimentos, la

ingesta diaria en adultos no sobrepase los 0,05 mg de Bisfenol A por kg de peso corporal al día.

PVC (Policloruro de vinilo)

Este material, aunque es mayoritariamente utilizado para producir calzado, ventanas, tuberías de saneamiento y abasto de agua, está autorizado para envasar alimento. En España, existe un PVC con "calidad alimentaria" para recubrir la superficie de tanques y estanques de agua potable. En la bibliografía revisada un estudio realizado por Loyo-Rosales y col. (2004) muestra que el agua y la leche envasada en PVC, por lixiviación, puede contener Nonilfenol.

PP (Polipropileno) y LDPE (Polietileno de baja densidad)

El Polipropileno, con código 5, y el Polietileno de baja densidad, con código 4, son ampliamente utilizados en los envases de alimento a modo de film transparente y bandejas transparentes.

Los envases plásticos para el pan, charcutería y frutería no se suelen identificar con ningún número. Sin embargo, dadas las características de los mismos, parece que en la mayoría de los casos se trata de LDPE o PP. En Bélgica, recientemente Holderbeke y col. (2014) observan que este material plástico libera Ftalatos (como el DEHP) al pan, salami, manzana y queso. Sin embargo, concluyen que la cantidad observada en los alimentos estudiados se debe principalmente al procesamiento del producto (por ejemplo, la utilización de materia prima contaminada y/o al contacto del producto con bandejas de horno y otros materiales) más que al envase del producto en sí. Por otro lado, Buchala y col. (2000), observan una liberación de aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos, y en el caso específico de PP se liberan cantidades muy sustanciales de tres productos de degradación del tipo fenol.

El Polipropileno, PP, además, es un material utilizado en medicina quirúrgica que se implanta en forma de malla en diferentes partes del cuerpo humano. Este material se ha considerado inerte y sin reacciones adversas; sin embargo, Sternschuss y col. (2012) realizan una revisión de publicaciones científicas y citan que este material una vez implantado, por lixiviación, libera al cuerpo sustancias tóxicas a medida que éste se degrada y además estimula la esclerosis.

A modo de resumen, en la Tabla 2 se presentan las diferentes sustancias tóxicas encontradas en la revisión bibliográfica realizada. Hay que tener en cuenta, que esta lista de sustancias puede ser modificada a medida que la comunidad científica realice nuevos experimentos y/o se realicen revisiones con una mayor cantidad de artículos publicados. Como alternativa al uso de materiales plásticos para envasar agua, en la revisión bibliográfica realizada, se recomienda el uso de botellas de acero inoxidable (Krachler y Shotyk, 2009) y botellas de vidrio (Reimann y col., 2012). Estos materiales se consideran inofensivos con respecto a la lixiviación de metales traza en el agua potable.

La legislación europea, mediante el Reglamento nº 10/2011, regula el uso de diferentes sustancias químicas permitidas en la elaboración del material plástico destinado a la alimentación humana. De esta forma, ciertas sustancias sí están permitidas, otras están prohibidas y algunas se pueden utilizar siempre y cuando no se sobrepase la migración de cierta cantidad al alimento (mg de sustancia/kg de alimento). Llama la atención que ciertas sustancias, como el Bisfenol A, no se citan en dicho Reglamento.

En la Tabla 3, se muestra si el uso de algunas de las sustancias tóxicas citadas en el presente informe está permitido en el Reglamento nº 10/2011 de la Comisión Europea y, sus efectos tóxicos en la salud humana según las Fichas Internacionales de Seguridad Química.

Tabla 2. Algunas sustancias tóxicas lixiviadas a alimentos desde diferentes envases plásticos (las referencias bibliográficas se encuentran indicadas en el texto)

Acronimo	Código	Sustancia tóxica
PET (PETE)	1	Antimonio Formaldehído Acetaldehído Ftalato Bisfenol A Compuestos Trihalometanos
HDPE o PEAD	2	Antimonio Bromo Nonifenol
PVC	3	Nonilfenol
LDPE o PEBD	4	Ftalato Aldehídos Cetonas Ácidos carboxílicos
PP	5	Ftalato Aldehídos Cetonas Ácidos carboxílicos Fenol Sustancias tóxicas estimulantes de la esclerosis
PS	6	Antimonio Bromo Estireno Etilbenceno Tolueno Benceno
PC	7	Antimonio Bromo Bisfenol A

Tabla 3. Autorización de la Comisión Europea en el uso de algunas sustancias tóxicas para la elaboración de plástico alimenticio y algunos de sus efectos en la salud humana.

Sustancia	Autorización para elaborar material plástico (Reglamento nº 10/2011)	Efecto en la salud humana
Antimonio	Su uso está permitido siempre y cuando no sobrepase una lixiviación de 0,04 mg Sb / Kg alimento envasado	Efectos sobre los pulmones, tracto respiratorio y piel (dermatitis), además produce graves alteraciones en la reproducción en humanos cuando existe una exposición prolongada o repetida de esta sustancia con código ICSC 07575 (<i>Fichas Internacionales de Seguridad Química, web</i>).
Formaldehído	Su uso sí está permitido y no presenta restricciones.	Posiblemente carcinógeno para los seres humanos cuando existe una exposición prolongada o repetida de esta sustancia con código ICSC 0275 (<i>Fichas Internacionales de Seguridad Química, web</i>).
Bisfenol A	Su uso no está regulado.	Puede producir sensibilización de la piel y fotosensibilización y afectar al tracto respiratorio superior cuando existe una exposición prolongada o repetida de esta sustancia con código ICSC 0634. La ingestión puede provocar efectos en el hígado y los riñones. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana (<i>Fichas Internacionales de Seguridad Química, web</i>).
Bromo	Su uso está permitido en forma de Bromuro de hexadeciltrimetilamonio para la fabricación de polímeros pero no como aditivo o monómero.	Puede afectar al tracto respiratorio y al pulmón dando lugar a inflamaciones crónicas y alteraciones funcionales cuando existe una exposición prolongada o repetida de esta sustancia con código ICSC 0107 (<i>Fichas Internacionales de Seguridad Química, web</i>).
Nonilfenol	Su uso no está regulado	Según el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (<i>web</i>): si la exposición es de corta duración es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio, mientras que su inhalación puede originar edema pulmonar. También altera los mecanismos endocrinos. Su bioacumulación es significativa en organismos acuáticos y en pájaros.
Ftalatos	Su uso no está regulado	Tienen un efecto similar al Bisfenol A (Singh y Li, 2012).

El plástico y la basura marina

Tan solo el 15% de la basura marina flota sobre la superficie del mar; otro 15% permanece en la columna de agua, y el 70% restante descansa en el lecho marino.

La basura marina se define como cualquier sólido persistente procesado por el hombre que ya no es útil, dispuesto o abandonado en la costa o en el mar (Galgani y col., 2010). Los materiales considerados basura marina comprenden artículos fabricados con multitud de productos de plástico, madera, metal, vidrio, goma, papel y prendas de vestir (con composición plástica en la mayoría de los casos) (Galgani y col., 2010) y proceden de las actividades humanas terrestres, llegando al mar a través de los ríos, drenajes, alcantarillas y el viento (Gall y Thompson, 2015) y, de las actividades pesqueras, el transporte marítimo y las instalaciones marinas como plataformas petrolíferas y granjas acuícolas (AEMA, web). Según la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, web), tan solo el 15 % de la basura marina flota sobre la superficie del mar; otro 15 % permanece en la columna de agua, y el 70 % restante descansa en el lecho marino.

Los componentes naturales (algodón, madera, etc.) de la basura marina, con el tiempo se transforman a dióxido de carbono, agua y moléculas inorgánicas (Barnes y col., 2009; Andrady, 2011). Sin embargo, año tras año, el plástico convencional vertido se suma a la cantidad ya existente, que ahora es de menor tamaño pero más numeroso (Barnes y col., 2009; Andrady, 2011, NOAA MarineDebris, web). En la actualidad, el plástico es el residuo marino más abundante (OSPAR, 2007; Thompson y col., 2009; UNEP-CAR/RCU, 2008; UNEP, 2009; Gall y Thompson, 2015). Un estudio reciente publicado en la revista Science (basado en 192 países localizados en las costas del Atlántico, Pacífico, Índico, Mediterráneo y en el Mar Negro) estima que, en 2010, estos países produjeron un total de 2,5 billones de toneladas de basura sólida de la cual, 275 millones de toneladas fueron de plástico, de las cuales 8 millones de toneladas fueron a parar al océano como residuo marino (Jambeck y col., 2015). Es decir, estos 8 millones de toneladas plásticas se sumaron a los fragmentos plásticos ya existentes en el mar, algunos de los cuales miden tan sólo micras (la millonésima parte de un metro). Las corrientes oceánicas, junto con los vientos y la rotación de la Tierra, reúnen estos fragmentos y crean grandes manchas en unas zonas denominadas «giros». Dependiendo del tamaño de los fragmentos, pueden aparecer como si fueran una “sopa de plástico” transparente. Estos giros son fluidos y cambian de tamaño y forma. Se estima que el giro más grande y más estudiado, el giro del Pacífico Norte, ha arrastrado 3,5 millones de toneladas de basura, lo que afecta a una superficie que se estima equi-

valente a dos veces Estados Unidos. En el Atlántico, existen otros cinco grandes torbellinos donde también se acumulan residuos (AEMA, web).

La basura no pasa desapercibida en el mar e interactúa con los organismos marinos. Según una revisión bibliográfica realizada por Gall y Thompson (2015), en base a 340 publicaciones científicas, las consecuencias de esta interacción se pueden clasificar en:

Enredamiento e ingestión

La basura marina puede terminar enredándose con los organismos marinos e incluso éstos pueden ingerirla. Entre los productos plásticos presentes en la basura marina, estos autores muestran que el 71 % de los incidentes de enredamiento se producen con cuerdas de composición plástica y con redes pesqueras. Asimismo, observan que el 37 % de los incidentes producidos por ingestión de basura se dan en individuos que ingieren fragmentos de plástico que confunden con comida. Entre los organismos estudiados se encuentran: 7 especies de tortugas marinas, 115 especies de mamíferos marinos, 16.754 especies de peces y 312 especies de aves marinas y concluyen que todas las especies de tortugas marinas conocidas, el 54 % de los mamíferos marinos y el 56% de las aves marinas y menos del 1 % de los peces, están afectados por el enredamiento o ingestión de plástico. Además, observan que un 17 % de especies que se enredan en la basura o que ingieren plástico, están clasificadas como especies vulnerables, en peligro o próximas a la extinción.

Tanto los enredos como la ingestión de basura marina causan un daño directo en el individuo e incluso pueden provocar su muerte. El enredo produce ahogamiento, asfixia, heridas, una disminución de la capacidad para atrapar la comida y disminuye su capacidad de defensa frente a depredadores. Cabe destacar que el porcentaje de individuos muertos por enredo se sitúa en un 79 % (es decir, 8 de cada 10 animales que se enredan en basura marina, mueren). Este porcentaje disminuye en el caso de los individuos que ingieren plástico (un 4 %). Sin embargo, si el plástico se queda atrapado antes de llegar al estómago, los organismos no pueden alimentarse de forma normal.

Igualmente, si el plástico se acumula en el estómago, puede provocar úlceras y una falsa sensación de saciedad que, a medida que pasa el tiempo, produce una reducción en la condición física. Por otro lado, Müller y col. (2012) observan que todos los tipos de bolsas de plástico (convencional, oxo-

degradables -llamadas 100 % degradables- y biodegradables) una vez ingeridas por las tortugas, no se descomponen lo suficientemente rápido para evitar los daños que les provocan (por ejemplo úlceras).

La toxicidad del residuo plástico aumenta cuando los organismos ingieren microplásticos (tamaño inferior a 5 milímetros de diámetro) puesto que posee una relación entre superficie y volumen que favorece la absorción de las sustancias que lo constituyen (Bisfenol-A, Ftalatos y compuestos antimicrobianos) (Lithner y col., 2011). Si bien es evidente que existe una transferencia de contaminantes si un individuo ingiere plástico (Teuten y col., 2007, 2009), hasta la fecha, los estudios sobre los efectos toxicológicos perjudiciales asociados con la ingestión son limitados y se desconoce el grado de transferencia de sustancias tóxicas desde los microplásticos a los organismos que los ingieren.

Nuevo hábitat

En la actualidad, se conocen al menos 85 géneros de animales y algas que utilizan la basura marina como hábitat (lugar físico donde habitan los organismos), entre los se encuentran bivalvos, briozoos, cefalópodos, cnidarios, crustáceos, equinodermos, peces, gasterópodos, insectos pelágicos, poliquetos y algas.

Dispersión de especies

La basura marina puede servir como vector para la dispersión de especies. Se han identificado 259 especies que quedan a la deriva en la basura marina encontrándose un 40 % en productos y embalajes intactos, un 36 % en fragmentos de basura diversa, un 17 % en cuerdas y redes y un 1,5 % en microplásticos. Cabe destacar que, entre estas especies, también se encuentran ciertas especies consideradas invasoras.

Efectos por acumulación de basura

La basura marina se va acumulando con el tiempo ocupando grandes superficies de agua, playas y zonas rocosas litorales. Un efecto directo se encuentra en los corales puesto que existe una relación inversa entre la cantidad de basura acumulada y la superficie de coral vivo (Chiappone y col., 2005; Richards y Beger, 2011). Asimismo, la acumulación en la playa puede alterar significativamente la temperatura del sedimento ocasionando la migración de especies o incluso determinar la sexualidad de los huevos de tortuga (Carson y col., 2011).



Reciclado del plástico







Si los productos poseen el Código 7 no se reutilizan puesto que no se sabe a ciencia cierta su composición química.

La recuperación del plástico engloba a los procesos mediante los cuales las materias primas con valor recuperable son usadas posteriormente para volver a fabricar material plástico (reciclar), recuperar sustancias químicas y recuperar energía (Plastivida, 2015a).

Fabricación de material plástico

Los productos plásticos una vez recolectados en los contenedores amarillos, son trasladados a las plantas procesadoras y se clasifican por categorías en función de su Código de Identificación. Si los productos poseen el Código 7 no se reutilizan puesto que no se sabe a ciencia cierta su composición química (aparatos electrónicos, juguetes y multitud de envases de comida que no son identificados). Los plásticos seleccionados se muelen, lavan y se convierten en pellets. Este material se mezcla con materia prima virgen y se destinan a la producción de materiales idénticos a los originales o diferentes (Tabla 4).

Tabla 4. Ejemplos de productos a partir del plástico recuperado (Recytrans 2015).

Termoplásticos		Aplicaciones	Usos después del reciclado
Poliétileno tereftalato	PET 	Botellas, envasado de productos alimenticios, moquetas, refuerzos neumáticos de coches.	Textiles para bolsas, lonas y velas náuticas, cuerdas, hilos
Poliétileno alta densidad	PEAD 	Botellas para productos alimenticios, detergentes, contenedores, juguetes, bolsas, embalajes y film, laminas y tuberías.	Bolsas industriales, botellas detergentes, contenedores, tubos
Poliétileno de baja densidad	PEBD 	Film adhesivo, Bolsas, revestimientos de cubos, recubrimiento contenedores flexibles, tuberías para riego.	Bolsas para residuos, e industriales, tubos, contenedores, film uso agrícola, vallado
Policloruro de vinilo	PVC 	Marcos de ventanas, tuberías rígidas, revestimientos para suelos, botellas, cables aislantes, tarjetas de crédito, productos de uso sanitario.	Muebles de jardín, tuberías, vallas, contenedores
Polipropileno	PP 	Envases para productos alimenticios, Cajas, tapones, piezas de automoviles, alfombras y componentes eléctricos.	Cajas multiples para transporte de envases, sillas, textiles
Poliestireno	PS 	Botellas, vasos de yogures, recubrimientos	Aislamiento térmico, cubos de basura, accesorios oficina

Nota: Los productos marcados con el Código 7 (Otros) no se reciclan puesto que no se sabe a ciencia cierta la composición química de las resinas plásticas de los que están hechos (Fundación Prohumana, 2015).

Por seguridad alimentaria, el material plástico con código 6 (PS) utilizado mayoritariamente para fabricar envases de yogures, el plástico con código 2 (PEAD) ampliamente usado para envasar leche, el plástico con código 3 (PEBD) empleado como film transparente y el plástico con código 5 (PP) utilizado para fiambreras, no se reciclan para obtener

envases alimenticios (Tabla 4). Recientemente, el Real Decreto 846/2011 autoriza en España el uso del PET reciclado para envasar botellas de agua y, el Real Decreto 517/2013 amplía su ámbito a las bebidas refrescantes siempre y cuando el envase reciclado contenga, como mínimo, un 50% de materia prima no reciclada. En este sentido, todos los envases alimenticios en los supermercados, a excepción de las garrafas y botellas de agua y refrescos, son plásticos procedentes de materia prima virgen.

Recuperación de sustancias químicas

El rescate de elementos químicos implica depolimerizar los plásticos y reducirlos hasta partículas químicas sencillas. El objetivo es recuperar esos componentes individuales para reusarlos como químicos o producir nuevos plásticos con las mismas características y propiedades de los materiales vírgenes. Entre los distintos procesos que se utilizan, se encuentra: la metanólisis, glicólisis, hidrólisis, pirólisis y el crackeo térmico.

Recuperación de energía

La recuperación de energía implica aprovechar el alto poder calórico de los plásticos liberando su energía a través de la incineración en hornos especialmente diseñados a tal fin. En la incineración se produce, entre otros residuos, dióxido de carbono, vapor de agua (compuestos causantes del calentamiento global del planeta) y emanaciones de gases procedentes de las sustancias químicas de los que están hechos los plásticos incinerados.

Según el último informe de Plastic Europe (2015), en Europa en 2013, de los 46,3 millones de toneladas de plástico consumido se recuperaron 25 millones de toneladas (un 54 %) de los cuales, 6,5 millones de toneladas (un 26 %) se reciclaron para elaborar de nuevo productos plásticos, 9 millones de toneladas (un 36 %) se destinaron a la producción de energía y la mayor cantidad de plástico, 9,5 millones de toneladas (un 38 %) fue a parar al vertedero (Figura 4).

En España se consumieron 3,5 millones de to-



neladas de plástico en 2013 (*Plastic Europe, 2015*) y según el informe publicado por Ecoembes (Sociedad anónima española constituida por un grupo de empresas para la gestión de residuos domésticos), de los 1,2 millones de toneladas de envases domésticos recuperados mediante los contenedores amarillos, 700.000 toneladas (un 56,6 %) fue plástico. De esta cantidad, 196.000 toneladas (un 28 %) se destinó a fabricar plástico reciclado, 119.000 toneladas (un 17 %) se destinó a la producción de energía y la mayoría, 385.000 toneladas (un 55 %) fue a parar al vertedero (*Plastics Europe, 2015*).

Figura 4. Tratamiento del plástico recuperado después de su uso en Europa (Fuente *Plastics Europe, 2015*).



En el informe publicado por *Plastics Europe* (2015) se puede observar que la cantidad de plástico reciclado en Europa aumentó de 4,7 millones de toneladas en 2006 a 6,6 millones de toneladas en 2012.

En España, durante este periodo se observó un aumento del 17,1 % en el porcentaje de reciclado de envases domésticos (*Ecoembes, web*). Se estima que esta tendencia seguirá en aumento en los años venideros y desde la comunidad científica se alerta del peligro tóxico que supondría vivir en una sociedad en la que el consumo de plástico y papel procediera íntegramente del reciclado, ya que, la utilización de papel y botellas de PET reciclados aumenta la exposición de sustancias tóxicas como los Ftalatos (DEHP, DBP y BBP) sobre todo en niños (*Lee y col., 2014*).

Conclusiones

Aunque el plástico se ha convertido en un material omnipresente, su producción y consumo está lejos de ser inocuo para la salud humana y para el medio ambiente.

La producción masiva de plásticos se inició en la década de 1950 y ha aumentado exponencialmente de 1,5 millones de toneladas al año (AEMA, web) hasta niveles de 299 millones de toneladas en 2013 (Plastics Europe, 2015).

La palabra “plástico” se utiliza para describir un grupo de componentes artificiales o de fibras sintéticas que derivan del gas o el petróleo. Dada la ingente cantidad de combinaciones posibles de monómeros para fabricar polímeros y los diferentes aditivos que se usan, hoy en día es difícil encontrar un producto de consumo que no contenga algún tipo de plástico. Existen diferentes formas de clasificar los plásticos, quizás la más interesante para los consumidores sea la que pone el acento en cómo se degradan. Según esto hablaremos de plásticos convencionales, plásticos oxo-degradables y bioplásticos.

Los plásticos convencionales usados para fabricar, entre otros, recipientes para agua, comida o detergentes, así como materiales estructurales, terminan fragmentándose en partículas pequeñas que no son biodegradables y se acumulan en el medio si no son reciclados adecuadamente. De los 46,3 millones de toneladas consumidas en Europa en 2013, cerca de 19 millones de la producción actual está integrado por envases y embalajes desechables.

El llamado bioplástico o plástico biodegradable, es un material fabricado a base de polímeros naturales, biopolímeros, obtenidos a partir del almidón del maíz, trigo o papas, o bien a partir de un cultivo de bacterias directamente (Plastivida, 2015b). Este tipo de material proliferó en los grandes supermercados hace unos años, a modo de bolsas para transportar la compra; sin embargo, recientemente están siendo sustituidos por los plásticos oxo-degradables.

Los plásticos oxo-degradables son plásticos convencionales a los que se le añade un aditivo para que se auto degraden en condiciones aeróbicas. Se identifican con la palabra degradable al 100 % o con el símbolo d2W. Su uso se ha extendido mayoritariamente como bolsas de plástico para transportar comida en los supermercados. Estos plásticos no son biodegradables, y aunque produce biomasa susceptible de ser aprovechada

por los organismos vivos, según Plastivida (2015a) desde su aparición han surgido muchas dudas con respecto a si esta biomasa residual es verdaderamente biodegradable y si los residuos que quedan después de la degradación artificial son inocuos para los organismos vivos y/o el medio ambiente. Asimismo, presentan otros problemas asociados cuando se mezclan con los convencionales en el proceso de reciclado.

La toxicidad del plástico en los alimentos envasados ha despertado recientemente el interés de muchos científicos. El Reglamento (UE) No 10/2011 de la Comisión de 14 de enero de 2011 sobre los materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos, advierte de que el riesgo potencial para la salud puede derivarse de monómeros u otras sustancias de partida que no hayan reaccionado o lo hayan hecho de forma incompleta, o bien de aditivos de bajo peso molecular que son cedidos a los alimentos por migración a partir del material plástico en contacto con ellos. Los efectos en la salud humana de algunas de las sustancias tóxicas usadas para la fabricación de plástico, pasan por afecciones más o menos graves al tracto respiratorio, pulmones, piel, hígado, riñones, ojos, sistema endocrino y/o sistema reproductivo, e incluso pueden ser precursoras de algún tipo de cáncer.

Actualmente el plástico es el mayor residuo marino y se estima que hay aproximadamente 54 pedazos de plástico flotante por cada metro cuadrado de océano (SGAPC, 2014). Un estudio reciente publicado en la revista Science (basado en 192 países localizados en las costas del Atlántico, Pacífico, Índico, Mediterráneo y en el Mar Negro) estima que, en 2010, estos países produjeron un total de 2,5 billones de toneladas de basura sólida de la cual, 275 millones de toneladas fueron de plástico, de las cuales 8 millones de toneladas fueron a parar al océano como residuo marino (Jambeck y col., 2015).

La basura no pasa desapercibida en el mar e interactúa con los organismos marinos. Según una revisión bibliográfica realizada por Gall y Thompson (2015), en base a 340 publicaciones científicas, todas las especies de tortugas marinas conocidas, el 54 % de los mamíferos marinos

y el 56% de las aves marinas y menos del 1 % de los peces, están afectados por el enredamiento o ingestión de plástico. Además, observan que un 17 % de especies que se enredan en la basura o que ingieren plástico, están clasificadas como especies vulnerables, en peligro o próximas a la extinción. Si bien, los efectos más preocupantes son las muertes que se producen por enredos con macroplásticos de organismos marinos fundamentales para mantener el equilibrio en los ecosistemas marinos, la ingestión de plásticos, sobre todo de los denominados microplásticos, genera una transferencia de contaminantes y tóxicos a los organismos que los ingieren, cuyas consecuencias por bioacumulación en la cadena alimenticia están por determinar.

La recuperación del plástico engloba a los procesos mediante los cuales las materias primas con valor recuperable son usadas posteriormente para volver a fabricar material plástico (reciclar), recuperar sustancias químicas y recuperar energía (Plastivida, 2015a). En España se consumieron 3,5 millones de toneladas de plástico en 2013 (Plastic Europe, 2015), y según el informe publicado por Ecoembes (Sociedad anónima española constituida por un grupo de empresas para la gestión de residuos domésticos), tan sólo se recuperó en contenedores amarillos un 20 %: unas 700.000 toneladas. De esta cantidad, 196.000 toneladas (un 28 %) se destinó a fabricar plástico reciclado, 119.000 toneladas (un 17 %) se destinó a la producción de energía y la mayoría, 385.000 toneladas (un 55%), fue a parar al vertedero (Plastics Europe, 2015). Estos datos revelan que Ecoembes tan sólo recuperó de forma efectiva, el 9% del plástico total consumido en España en 2013 y que la mayor parte del plástico que se consume tiene más probabilidad de terminar en el océano que en una planta de reciclaje.

Aunque el plástico se ha convertido en un material omnipresente, su producción y consumo está lejos de ser inocuo para la salud humana y para el medio ambiente. En algunos casos, existen alternativas a su producción y consumo. Actualmente, en España, la recuperación del plástico que se consume es ineficaz e ineficiente. El sistema de reciclaje debe transformarse para abarcar la gestión de todos los residuos plásticos que se generan.

Bibliografía citada:

- AEMA, Agencia Europea de Medio Ambiente. Artículo: Basura en nuestros mares. <http://ecospip.org/1diSniu>
- Ahmad, M. y A.S. Bajahlan. 2007. Leaching of styrene and other aromatic compounds in drinking water from PS bottles. *Journal of Environmental Sciences*, 19 (4): 421-426.
- Andra, S.S., K. C. Makrisa, J. P. Shine y C. Lu. 2012. Co-leaching of brominated compounds and antimony from bottled water. *Environment International*, 38 (1): 45-53.
- Andrady, A.L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 62: 1596-1605.
- Bach, C., X. Dauchy, M.C. Chagnon y S. Etienne. 2012. Chemical compounds and toxicological assessments of drinking water stored in polyethylene terephthalate (PET) bottles: A source of controversy reviewed. *Water Research*, 46 (3): 571-583.
- Bach, C., X. Dauchy, I. Severin, J.F. Munoz, S. Etienne y M.C. Chagnon. 2013. Effect of temperature on the release of intentionally and non-intentionally added substances from polyethylene terephthalate (PET) bottles into water: Chemical analysis and potential toxicity. *Food Chemistry*, 139 (1-4): 672-680.
- Bach, C., X. Dauchy, I. Severin, J.F. Munoz, S. Etienne y M.C. Chagnon. 2014. Effect of sunlight exposure on the release of intentionally and/or non-intentionally added substances from polyethylene terephthalate (PET) bottles into water: Chemical analysis and in vitro toxicity. *Food Chemistry*, 162: 63-71.
- Barnes, D.K.A., F. Galgani, R.C. Thompson y M. Barlaz. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. Roy. Soc. B*, 364: 1985-1998.
- Buchalla, R., C. Boess y K.W. Bögl. 2000. Analysis of volatile radiolysis products in gamma-irradiated LDPE and polypropylene films by thermal desorption-gas chromatography-mass spectrometry. *Applied Radiation and Isotopes*, 52 (2): 251-269.
- Carson, H.S., L. S.M. Colbert, M.J. Kaylor y K.J. McDermid. 2011. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 62 (8): 1708-1713.
- Cameado S., E. Hernández-Nataren, J.F. López-Sánchez y A. Sahuquillo. 2015. Migration of antimony from polyethylene terephthalate used in mineral water bottles. *Food Chemistry*, 166: 544-550.
- Chiappone, M., H. Dienes, D.W. Swanson y S.L. Miller. 2005. Impacts of lost fishing gear on coral reef sessile invertebrates in the Florida Keys National Marine Sanctuary. *Biol. Conserv.*, 121: 221-230.
- Directiva 2011/8/UE de la Comisión, de 28 de enero de 2011, que modifica la Directiva 2002/72/CE por lo que se refiere a la restricción del uso de bisfenol A en biberones de plástico para lactantes.
- Ecoembes. Informe anual 2013. https://www.ecoembes.com/sites/default/files/informe_anual_2013_1.pdf
- Fan Y.Y., J.L. Zheng, J.H. Ren, J. Luo, X.Y. Cui y L.Q. Maa. 2014. Effects of storage temperature and duration on release of antimony and bisphenol A from polyethylene terephthalate drinking water bottles of China. *Environmental Pollution*, 192: 113-120.
- Fichas Internacionales de Seguridad Química. <http://ecospip.org/1eAJ9q>
- Fundación Prohumana. <http://ecospip.org/1FDf7AC>
- Galgani, F., D. Fleet, J. Van Franeker, S. Katsanevakis, T. Maes, J. Mouat, L. Oosterbaan, I. Poitou, G. Hanke, R. Thompson, E. Amato, A. Birkun y C. Janssen. 2010. Marine strategy framework directive, task group 10 report: Marine Litter. In: Zampoukas, N. (Ed.), JRC Scientific and Technical Reports. European Commission Joint Research Centre, Ispra.
- Gall, S.C. y R.C. Thompson. 2015. The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, 92: 170-179.
- Greifenstein, M., D.W. White, A. Stubner, J. Hout y A.J. Whelton. 2013. Impact of temperature and storage duration on the chemical and odor quality of military packaged water in polyethylene terephthalate bottles. *Science of The Total Environment*, 456-457: 376-383.
- Holderbeke, M.V., L. Geerts, G. Vanermen, K. Servaes, I. Sioen, S. De Henauw y T. Fierens. 2014. Determination of contamination pathways of phthalates in food products sold on the Belgian market. *Environmental Research*, 134: 345-352.
- Jambeck, J.R., A. Andrady, R. Geyer, R. Narayan, M. Perryman, T. Siegler, C. Wilcox y K.L. Law. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347: 768-771.
- Keresztes, S., E. Tatár, V.G. Mihucz, I. Virág, C. Majdik y G. Zárny. 2009. Leaching of antimony from polyethylene terephthalate (PET) bottles into mineral water. *Science of The Total Environment*, 407 (16): 4731-4735.
- Krachler, M. y W. Shotyk. 2009. Trace and ultratrace metals in bottled waters: Survey of sources worldwide and comparison with refillable metal bottles. *Science of The Total Environment*, 407 (3): 1089-1096.
- Lee, J., A.B. Pedersen y M. Thomsen. 2014. The influence of resource strategies on childhood phthalate exposure: The role of REACH in a zero waste society. *Environment International*, 73: 312-322.
- Lithner, D., Larsson, Å., Dave, G., 2011. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of The Total Environment*, 409: 3309-3324.
- Loyo-Rosales, J.E., G.C. Rosales-Rivera, A.M. Lynch, C.P. Rice y A. Torrents. 2004. Migration of nonylphenol from plastic containers to water and a milk surrogate. *J. Agric. Food Chem.*, 52: 2016-2020.
- Müller, C., K. Townsend y J. Matschullat. 2012. Experimental degradation of polymer shopping bags (standard and degradable plastic, and biodegradable) in the gastrointestinal fluids of sea turtles. *Science of The Total Environment*, 416: 464-467.
- NOOA MarineDebris. <http://ecospip.org/1e6211W>
- OSPAR, 2007. OSPAR Pilot Project on Monitoring Marine Beach Litter: Monitoring of marine litter on beaches in the OSPAR region. OSPAR Commission, London.
- PlasticsEurope. 2015. Plastics – The Facts 2015. PlasticsEurope, Belgium.
- Plastirama. <http://www.plastirama.es/bolsas-de-plastico-biodegradables/Plastivida>. 2015a. Boletín Técnico Informativo n°3: Plásticos: su origen y se relación con el medio ambiente. <http://ecoplas.org.ar/pdf/3.pdf>.
- Plastivida. 2015b. Boletín Técnico Informativo n°21: Degradación de los materiales plásticos. <http://ecospip.org/1fGnOVN>
- Real, M., J.M. Molina-Molina, I. Jiménez-Díaz, J.P. Arrebola, J.M. Sáenz, M.F. Fernández y N. Oleaa. 2015. Screening of hormone-like activities in bottled waters available in Southern Spain using receptor-specific bioassays. *Environment International*, 74: 125-135.
- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PTRT) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. <http://www.prtr-es.es/>
- Reglamento No 10/2011 de la Comisión Europea de 14 de enero de 2011, sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos.
- Reimann, C., M. Birke y P. Filzmoser. 2012. Temperature-dependent leaching of chemical elements from mineral water bottle materials. *Applied Geochemistry*, 27 (8): 1492-1498.
- Richards, Z.T. y M. Beger. 2011. A quantification of the standing stock of macrodebris in Majuro lagoon and its effect on hard coral communities. *Mar. Pollut. Bull.* 62: 1693-1701.
- Rungchang, S., S. Numthum, X. Qiu, Y. Lia y T. Satak. 2013. Diffusion coefficient of antimony leaching from polyethylene terephthalate bottles into beverages. *Journal of Food Engineering*, 115 (3): 322-329.
- Schmid, P., M. Kohler, R. Meierhofer, S. Luzic y M. Wegelinc. 2008. Does the reuse of PET bottles during solar water disinfection pose a health risk due to the migration of plasticisers and other chemicals into the water?. *Water Research*, 42 (20): 5054-5060.
- SGAPC. 2014. Análisis y Prospectiva. Revista número 7 editada por el Ministerio de Agricultura, alimentación y Medio Ambiente por el Gobierno de España.
- Singh, S. y S.S. Li. 2012. Bisphenol A and phthalates exhibit similar toxicogenomics and health effects. *Gene*, 494 (1): 85-91.
- Sternschuss, G., D.R. Ostergard y H. Patel. 2012. Post-Implantation Alterations of Polypropylene in the Human. *The Journal of Urology*, 188, (1): 27-32.
- Teuten, E.L., S.J. Rowland, T.S. Galloway y R.C. Thompson. 2007. Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. *Environ. Sci. Technol.* 41, 7759-7764.
- Teuten, E.L., J.M. Saquing, D.R. Knappe, M.A. Barlaz, S. Jonsson, A. Björn, S.J. Rowland, R.C. Thompson, T.S. Galloway y R. Yamashita. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philos. Trans. Roy. Soc. B*, 364: 2027-2045.
- Thompson, R.C., C.J. Moore, F.S. vom Saal y H. Swan. 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philos. Trans. Roy. Soc. B*, 364: 2153-2166.
- UNEP-CAR/RCU. 2008. Marine Litter in the Wider Caribbean Region: A Regional Overview. United Nations Environment Programme, Nairobi, 81 pp.
- UNEP. 2009. Marine Litter: A Global Challenge. UNEP, Nairobi, 232 pp.
- Westerhoff, P., P. Prapaipong, E. Shock y A. Hillaireaud. 2008. Antimony leaching from polyethylene terephthalate (PET) plastic used for bottled drinking water. *Water Research*, 42 (3): 551-556.



Andalucía: 954 90 39 84

andalucia@ecologistasenaccion.org

Aragón: 629 13 96 09 - 629 13 96 80

aragon@ecologistasenaccion.org

Asturias: 985 36 52 24

asturias@ecologistasenaccion.org

Canarias: 928 36 22 33 - 922 31 54 75

canarias@ecologistasenaccion.org

Cantabria: 608 95 25 14

cantabria@ecologistasenaccion.org

Castilla y León: 983 21 09 70

castillayleon@ecologistasenaccion.org

Castilla-La Mancha: 608 82 31 10

castillalamancha@ecologistasenaccion.org

Catalunya: 648 76 11 99

catalunya@ecologistesenaccio.org

Ceuta: 956 50 32 64

ceuta@ecologistasenaccion.org

Comunidad de Madrid: 915 31 23 89

madrid@ecologistasenaccion.org

Euskal Herria: 944 79 01 19

euskalherria@ekologistakmartxan.org

Extremadura: 927 57 75 41 - 622 12 86 91

extremadura@ecologistasenaccion.org

La Rioja: 941 24 51 14 - 616 38 71 56

larioja@ecologistasenaccion.org

Melilla: 951 40 08 73

melilla@ecologistasenaccion.org

Navarra: 626 67 91 91

navarra@ecologistasenaccion.org

País Valencià: 965 25 52 70

paisvalencia@ecologistesenaccio.org

Región Murciana: 968 28 15 32 - 629 85 06 58

murcia@ecologistasenaccion.org

