

DESAFIOS QUE PRESENTAN ALGUNOS ADITIVOS QUIMICOS PARA EL RECICLADO DE RESIDUOS PLÁSTICOS. INDUSTRIA PLASTICA ARGENTINA Y SITUACION INTERNACIONAL

*Ricardo Kindsvater.¹ Eliana Munarriz,²
Norma Sbarbati Nudelman.^{3,4*}*

¹ Ampacet Latin America. ² Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (UBA), ³ Instituto del Ambiente, Academia Nacional de Ingeniería (ANI), ⁴ Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ANCEFN).

*sbarbati04@gmail.com

Resumen

Diez monómeros se utilizan mayoritariamente en la industria plástica mundial, pero la alta diversidad de los materiales que se producen requiere el uso de muchos aditivos químicos; algunos se agregan para otorgarles propiedades específicas, otros para mejorar su procesabilidad en las extrusoras, o las propiedades finales del producto, etc. En este capítulo se tratan los principales aditivos químicos utilizados en la producción de materiales de empaque y envases para comidas y bebidas; los micro plásticos encontrados en aguas envasadas, etc. Se describen brevemente los problemas que pueden presentar algunos aditivos para el reciclado, las posibles soluciones tecnológicas, y las acciones globales recientes tendientes a reducir y/o mitigar el impacto de los residuos plásticos.

Palabras clave: aditivos químicos, “masterbatch”, plásticos de un solo uso, microplásticos, material de empaque.

Abstract

Chemical additives present in plastic residues and the challenges for their recycling. Argentine plastic industry and the international situation. The worldwide plastic industry uses mainly ten monomers, but the high diversity of materials produced, requires the use of several chemical additives, some are added to give specific properties; other additives are for improving processes in the extrusion machines, or the final properties in the product, etc. This chapter describes the main chemical additives used in the packaging production, fast food and beverages; the microplastics found in the water bottles, etc. The presence of some chemical additives is a real challenge for the recycling, some technological solutions are shortly described, as well as the recent global actions to reduce and/or

mitigate the plastic residues impact.

Keywords: chemical additives, “masterbatch”, “single-use” plastics, microplastics, packaging materials

INTRODUCCION

Los Plásticos son materiales poliméricos muy importantes en la economía mundial, y la vida moderna actual no se concibe prescindiendo de ellos. No obstante, los residuos plásticos representan actualmente un problema planetario crítico, constituyen un universo muy amplio y diverso, y tienen un complejo ciclo de vida que involucra una alta diversidad de actores en sus distintas etapas. Si bien son aproximadamente solo diez los monómeros utilizados en la industria global masiva, la alta diversidad de los materiales que se producen requiere el uso de aditivos para mejorar y/o otorgarles propiedades específicas. La producción, uso y disposición de dichos materiales están interconectados mundialmente en diversas cadenas que entrecruzan fronteras, continentes y océanos.

Los plásticos irrumpieron en el mercado global después de la Segunda Guerra Mundial y un análisis reciente revela que hasta 2016 se han producido unos 8300 millones de toneladas. Pueden reconocerse 3 categorías: resinas poliméricas, fibras sintéticas y aditivos plásticos. Las resinas más prevalentes se producen a partir de polietileno (PE, 36% del total), polipropileno (PP, 22%), poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), tereftalato de polietileno (PET), y poliuretano (PUR), en cantidades inferiores al 10% de la producción total. Las fibras sintéticas mayoritariamente provienen de poliéster; poliamida y acrílico (PPBA). Un cambio importante en mayor detrimento de la crisis actual, se produjo a partir del uso mayoritario de envases descartables (single-use), contrapuesto al reusable. Por esta razón, el mercado de plástico más significativo está vinculado al material de empaque y constituye el 42% de toda la producción mundial, curiosamente, es el producto con más corta vida de uso, ya que usualmente se descarta antes del año de haberse producido.

Este capítulo consta de dos Secciones y se indica a pie de página la autoría de cada sección. En la primera se tratan los aditivos químicos utilizados en la industria plástica nacional, en los dos polímeros de mayor uso, para conferirles propiedades específicas, se describe la metodología de “Masterbach” y las diversas tecnologías utilizadas en el país. La segunda sección se refiere a los aditivos químicos en la industria plástica mundial, la problemática sobre los residuos plásticos y las acciones internacionales tendientes a su mitigación y reducción.

1. Aditivos usados en la Industria plástica nacional¹

1.1. Los aditivos químicos de mayor uso

Si bien existen numerosos polímeros que requieren el uso de aditivos para mejorar sus propiedades, esta sección trata de los más típicamente utilizados en Polietileno y Polipropileno en el mercado de Argentina. Dichos polímeros son dos de los más consumidos y especialmente para empaque de alimentos.

Estos polímeros son fabricados por la industria petroquímica y sufren allí un proceso de extrusión en donde se incorporan algunos aditivos y se les da la forma de pellet para facilitar su manejo en la industria de la transformación del artículo plástico final. En dicha industria muchas veces se agregan otros aditivos. Para facilitar su incorporación y manejo se utiliza uno o varios Masterbatch que son concentrados de uno o varios aditivos bien dispersos en un polímero compatible con el que el transformador va a utilizar.

Se utilizan masterbatches por varias razones. La lista es larga e incluye evitar manejar polvos que ensucian las zonas de trabajo, las extrusoras del transformador no tienen el suficiente trabajo mecánico para dispersar ciertos aditivos, además de sólidos, algunos son líquidos o en forma de pasta a temperatura ambiente, algunas aplicaciones requieren pocas partes por millón (ppm), imposibles de dosificar en el transformador.

1.2. Antioxidantes

La degradación de los polímeros se inicia por la acción de radicales libres producidos por calor, estrés mecánico sustancias oxidantes o impurezas metálicas. La iniciación puede ocurrir durante la polimerización, procesamiento o exposición a la intemperie y se intenta evitar con el agregado de antioxidantes. Dichas sustancias previenen la propagación de los diferentes pasos de oxidación.

Si bien aún se sigue utilizando el BHT (Butil Hidroxi Toluol) el mismo se ha ido reemplazando por especies antioxidantes que brindan mejores propiedades. A estas moléculas se las divide en antioxidantes primarios y secundarios por la posición en la que actúan en los ciclos de degradación de los polímeros.

Cuando reaccionan neutralizando radicales libres se los clasifica como primarios mientras que cuando reaccionan con hidroperóxidos se los designa como secundarios. Normalmente los primarios son derivados de fenoles estéricamente bloqueados y los secundarios más usuales son derivados organofosforados (por ejemplo, el tris (2,4-di-terc-butilfenil) fosfito) y tioésteres (muchas especies derivadas del tiodipropionato). Suele considerarse que la combinación de primario y secundario genera un efecto sinérgico.

¹ Ricardo Kindsvater (AmpacetLatinAmerica) ricardo.kindsvater@ampacet.com

En general la industria petroquímica adiciona uno o una combinación de ambos para estabilizar el procesamiento de su polímero luego de la polimerización, por lo tanto, es la gran mayoría de las piezas fabricadas en Polietilenos o Polipropileno van a contener Antioxidantes. Por otra parte, el transformador puede necesitar adicionar en su extrusora otro antioxidante para lograr una vida útil del artículo mayor como es el caso de las geomembranas.

Evitar una degradación de los polímeros por oxidación cuando se desea reciclar los mismos es vital para no perder propiedades con su re-extrusión, por ello el tipo y la concentración de Antioxidantes son muy importantes para el reciclado de los polímeros.

1.3. Auxiliares de Proceso

Para mejorar el flujo de los polímeros en las extrusoras evitando acumulación de material en la salida, y evitar la llamada fractura de fundido, se desarrolló el uso de polímeros fluorados. Dichas sustancias tienen una muy buena afinidad con las superficies metálicas de las extrusoras y al revestirlas evitan separaciones de fases en los casos de mezclas no absolutamente compatibles y permiten un flujo continuo hasta la conformación de la pieza plástica.

1.4. Antibloqueo

En la industria del empaquetado de alimentos existe quien fabrica la película plástica, quien la imprime y convierte en el empaque que finalmente contendrá al artículo final.

La película es enrollada en bobinas para proveerlas a la industria de la conversión. En las máquinas de esta industria, la película pasa por diferentes rodillos que van alimentando el proceso. Para tener una apertura suave de las bobinas evitando trabas en la alimentación de las máquinas, muchas veces se agregan sustancias definidas como antibloqueo. Estas provocan una rugosidad superficial que separa ligeramente las capas enrolladas en la bobina.

Una sustancia económica que sigue usándose para este fin es el CaCO_3 (carbonato de calcio) que si bien hace perder cierta transparencia al polímero existen aplicaciones que lo admiten. También se usa Talco aunque lo más extendido son sílices naturales (tierra de diatomea) y también las sintéticas que dan una mejor transparencia y tienen una mejor performance.

1.5. Deslizantes

Para obtener un deslizamiento suave a través de los rodillos de las máquinas convertidoras incluyendo las empaquetadoras, se agregan sustancias llamadas deslizantes. Debido a su estructura, que tiene una parte polar y una parte no polar, al mezclarse en el proceso de extrusión con polímeros no polares como el polietileno y polipropileno, la parte polar pugna por la superficie del plástico una vez salido de la máquina, mientras que la parte no polar actúa como

una especie de ancla evitando que estas especies queden totalmente fuera del artículo.

Si bien aún hay algún grado de utilización de Oleamida, la especie química más utilizada es la Erucamida. Algunas sustancias químicas con superficie redonda pueden servir como deslizantes como así también hay algunas siliconas de alto peso molecular son empleadas. Al poder deslizarse rápidamente se logra una mayor velocidad de empaquetado disminuyendo el costo del mismo.

1.6. Antiestáticos

Como los artículos plásticos fabricados con materiales no polares adquieren carga eléctrica y no pueden disiparla con facilidad, los mismos suelen atrapar partículas en suspensión y dar el aspecto de suciedad además de otros potenciales problemas. Tanto las películas como las botellas plásticas suelen tener.

Para evitar esto se utilizan antiestáticos. En general su mecanismo de trabajo requiere que migren a la superficie y allí captar moléculas de agua ambiental generando una gran superficie de descarga. Existen algunos de migración rápida y como tal de efecto más limitado en el tiempo como por ejemplo el Monoestearato de Glicerol y otros de migración más lenta y mayor permanencia como derivados de Aminas Etoxiladas con diferentes ramificaciones de cadena.

También se utilizan aunque en menor proporción algunas Amidas como las cocoamidas y dietanolamidas.

1.7. Aditivos UV

La exposición a la intemperie hace que los plásticos pierdan primeramente su aspecto superficial perdiendo brillo y con el tiempo sus propiedades físicas volviéndolos enteramente quebradizos.

Para evitar eso se les adicionan aditivos UV. Podemos dividirlos en Absorbedores UV y Protectores UV. Los primeros además de proteger al polímero protegen a su contenido absorbiendo las longitudes de onda ultravioletas y transformándolas en una energía menos nociva. Si bien existen algunos nanomateriales lo más extendido en la industria es el uso de Benzofenonas y Benzotriazoles.

Los protectores UV en cambio funcionan reaccionando con las especies químicas que se forman al inicio de las reacciones de degradación evitando la propagación de las mismas. La especie química más popular de estos aditivos son los llamados HALS por sus siglas en inglés de Hindered Amine Light Stabilizers. Esta familia es realmente muy grande ya que existen moléculas más y menos sensibles a otras especies químicas como así también más y menos favorables a la protección de un determinado tipo de polímero. Una de las más tradicionales que hace años es utilizada es el compuesto Poli[6-[(1,1,3,3-tetrametilbutil) amino]-

1,3,5-triazina-2, 4-diil-[(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidil) imino-hexametileno-[(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidil) imino.

Muchas veces se combinan los Antioxidantes con diferentes protectores UV para realzar la protección del artículo plástico. Podemos encontrar combinaciones de varias especies químicas en plásticos de la industria automotriz, en agricultura en invernaderos, silobolsas, enfardado de pasturas, frascos para cuidado personal, tanques plásticos y todo aquel artículo que deba estar a la intemperie y durar mínimamente algunos meses.

1.8. Otros Aditivos

Además de los mencionados existe una gran variedad de otros aditivos que se también se incorporan con la finalidad de mejorar las propiedades funcionales de los polímeros. Suelen tener una presencia menor que los anteriores. Podemos mencionar los aditivos IR que son utilizados para provocar el efecto invernadero en dichas estructuras (minimizan la diferencia de temperatura entre el día y la noche para favorecer el crecimiento de las plantas). Difusores de Luz para evitar que los rayos de sol lleguen enfocados en las plantas y quemarlas. Aditivos Antiniebla (Antifog) para evitar que condensen gotas de agua en una superficie e impida el paso de la luz mejorando la visión de paquetes de alimentos muchas veces vegetales en las heladeras.

También existen aditivos de los llamados Nucleantes que ordenan el crecimiento de cristales de los polímeros favoreciendo la transparencia de los artículos. Para evitar la presencia de ácidos en los polímeros se adiciona algunas veces estearatos que pueden ser de Calcio o Cinc o sustancias con composiciones similares a la Hidrotalcita.

2. La situación a nivel internacional²

2.1. Aditivos químicos de mayor uso global.

En el proceso de manufactura de un polímero se usan productos químicos, como iniciadores, catalizadores y solventes, pero además se añaden otros como *aditivos*: retardantes de llama, colorantes, pigmentos, etc. y otros para procurar características especiales: inhibir la fotodegradación, aumentar la fuerza, la rigidez o la flexibilidad, etc. Estos compuestos no están unidos a la matriz polimérica, usualmente son de bajo peso molecular, y se liberan fácilmente al ambiente, incluyendo el aire, agua, alimentos o tejidos del cuerpo [1].

Un análisis global de toda la masa de plásticos que se produce en el mundo (excluyendo las fibras), muestra que contiene, en promedio, 93% de resina polimérica y un 7% de aditivos. PVC constituye el plástico con mayor variedad de

² N. S. Nudelman y Eliana Munarriz. email:emunarriz@agro.uba.ar

aditivos, incluyen estabilizadores al calor para hacerlo más estable, y plastificantes, tales como ftalatos, para procurarle mayor flexibilidad. PP es muy sensible a la oxidación, y por lo tanto se le añaden antioxidantes y estabilizantes UV. El bisfenol A (BPA) es el monómero utilizado para la fabricación del policarbonato, pero también se usa como un aditivo estabilizador en otros polímeros. De los 6.000 millones de toneladas de residuos plásticos solo el 9% han sido recicladas, un 12% incineradas y el resto, casi el 80% se acumula en el ambiente.

Algunos de los factores que influyen en la tasa de migración son la concentración inicial del aditivo presente en el plástico, el espesor, la cristalinidad y la estructura de la superficie del plástico. Como ejemplos de estas migraciones y liberaciones de aditivos plásticos se puede citar a las parafinas cloradas de cadena corta, que son aditivos plastificantes de juguetes de policloruro de vinilo, cortinas de ducha, etc. [2]. Es muy reciente la preocupación mundial por los aditivos químicos y su posible liberación desde productos plásticos al ambiente, entre ellos se incluyen a: los retardantes de llama bromados, los ftalatos, BPA, bisfenol-A dimetacrilato, plomo, estaño y cadmio formaldehído y acetaldehído, 4-nonilfenol, metil terc-butil éter, benceno y como así también a muchos otros compuestos orgánicos volátiles. Varios estudios informan que las concentraciones liberadas son inferiores a los límites máximos establecidos, y no consideran la toxicidad de las mezclas de los aditivos [3,4,5].

2.2. Aditivos en envases de plásticos descartables

Los envases descartables para alimentos y bebidas constituyen uno de los problemas más acuciantes en esta crisis global, porque se usan una sola vez. Muchos de los productos químicos migran hacia el contenido, por lo que están considerados como la mayor fuente de exposición humana a la contaminación ocasionada por los plásticos.

Entre las sustancias utilizadas como aditivos o monómeros se incluyen: BPA, (migra de envases de policarbonato para botellas de agua, o de latas recubiertas con resinas epoxi); ftalatos (diisononilftalato(DiNP) y DEPH, usados como plastificantes (se producen en alto volumen); di(2-etilhexil)adipato (DEHA, carcinogénico, usado como plastificante en envoltorio para carnes); 4-nonilfenol (producto de degradación del antioxidante fosfito de tris(nonil-fenol) (TNPP), usado en envoltorios para comidas); estireno (monómero usado para la fabricación del poliestireno); los productos per- y polifluoralquilos (PFAS, muy utilizados, entre otras cosas, para procurar una barrera a la grasa en envoltorios para comida rápida). [6]

En EEUU hay 4000 compuestos químicos aprobados para poder usarse como aditivos para envases de comida, pero en menos de 1000 de ellos, se han evaluado sus posibles riesgos para la salud humana. Se sabe que al menos 175 compuestos químicos usados como aditivos en envases para comidas son muy dañinos para la salud humana: pueden ser disruptores endocrinos, mutagénicos, carcinogénicos, etc. La base de datos de la industria del envase contiene más de 4000 compuestos posiblemente asociados con envases plásticos de los cuales 148

se ha probado que son altamente dañinos para la salud humana. Los riesgos más severos provienen de metales pesados (cadmio, plomo), bisfenoles, ftalatos y compuestos PFAS. [6]

En la Unión Europea, los productores de envases para comida deben garantizar la inocuidad de sus productos ya sea de compuestos químicos añadidos, o de impurezas, o de posibles compuestos que podrían migrar. De todos modos, es muy difícil rastrear la presencia de sustancias que no han sido añadidas intencionalmente.[7]

2.2.1. Los PFAS

Los aditivos conocidos colectivamente como PFAS son compuestos derivados de alquilos per o polifluorados, y contienen grupos sustituyentes de una gran variedad química, acorde con las propiedades que se desean procurar, algunos son derivados de ácidos carboxílicos (A), otros de ácidos sulfónicos (S). Los PFAS se usan mayoritariamente para formar una barrera a la grasa en envoltorios para alimentos, envases para comida rápida y bolsas para microondas (pochoclo, por ej.). En particular, dos de ellos: PFOS y PFOA son extremadamente persistentes, por lo que permanecen largo tiempo en el ambiente, y pueden acumularse en la cadena trófica. Como resultado de estos estudios, la FDA y la industria del envase estadounidense decidieron suprimir estos compuestos y reemplazarlos por otros PFAS, pero algunos toxicólogos ambientales han manifestado que las alternativas también tienen efectos dañinos. PFOS y PFOA han sido declarados como contaminantes orgánicos persistentes (POPs) en la última reunión del Comité de Expertos (POPRC) del Convenio de Estocolmo y un tercero, el ácido perfluorohexanesulfónico está en estudio por el POPRC (ver acciones internacionales más abajo). La Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD) identificó 4730 sustancias PFAS, las recomendaciones recientes son no usar ninguna de estas alternativas debido a su alta persistencia y movilidad, su efecto dañino para la salud humana y el ambiente, y el fuerte impacto socioeconómico.

2.2.2 Las parafinas cloradas de cadena corta (SCCP)

Otro grupo de aditivos químicos de uso masivo son las parafinas cloradas de cadena corta (SCCP). Las SCCP son de uso muy frecuente como retardantes de llama (ignífugos) en plásticos de PVC, caucho, y materiales sintéticos para alfombrado. También se usan como plastificantes en pinturas y adhesivos, y se han encontrado niveles de SCCP mucho mayores que los permitidos en juguetes para niños, artículos para su higiene personal, ropa, stickers, y utensilios de cocina.

Las SCCP afectan el hígado, riñón y tiroides, son disruptores endocrinos y se sospecha que también son carcinogénicos. Según un estudio reciente, las SCCP son los compuestos químicos persistentes de mayor producción mundial. Se ha demostrado fehacientemente su capacidad para transportarse a largas distancias y para bioacumularse, no obstante, la industria mundial

continúa su uso masivo como aditivo plástico, por lo cual se espera que siga aumentando la exposición humana y del ambiente.

También existe preocupación por los aditivos igníficos (por ej ésteres de difenilo polibromados y otros retardantes de llama bromados) que se liberan de las carcasas de plástico para televisores, computadoras y otros productos electrónicos, y los productores han iniciado acciones para reemplazarlos por aditivos más amigables con el ambiente y la salud humana [9]

2.4. Aditivos en Macro y Micro plásticos.

Los macroplásticos ingresan al ambiente tal cual es el producto original del consumidor. Una compilación internacional reciente de los 20 productos encontrados mayoritariamente en costas de lagos, ríos, mares y océanos, muestra que el 75% son envases de comida o bebidas (envoltorios, botellas y tapas, sorbetes, vasos, platos, cubiertos, etc.), el resto está relacionado con productos para fumar y otros productos (por ejemplo, bolsas, pañales, globos, condones, tampones, etc.)

Se entiende por “microplásticos” partículas de polímeros orgánicos sintéticos que miden menos de 5 mm de largo, pueden detectarse en muestras ambientales partículas de alrededor de 1 micrón, pero pocos estudios han informado partículas menores a 50 micrones, los nanoplásticos se definen usualmente como 1-100 nm. Los microplásticos pueden ser primarios, i.e. producidos como tales en forma de polvo o pellets (que se usan para fabricar otros productos de plástico), o secundarios provenientes de la degradación de productos de mayor tamaño, directos del consumidor. Los microplásticos primarios se usan mucho en la fabricación de productos de cuidado personal (pasta dentífrica, toallitas de mano, o de rostro), pero recientemente se están prohibiendo en la mayoría de los países desarrollados. Según un estudio reciente de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (*International Union for Conservation of Nature*), las dos fuentes principales de la presencia de microplásticos en el océano son: fibras textiles sintéticas y partículas provenientes de la abrasión de los neumáticos de autos

2.4.2. Microplásticos en el agua para consumo humano.

Investigadores de la Universidad del Estado de New York analizaron 159 muestras de agua de grifo de 14 países, mitad países desarrollados y mitad en vías de desarrollo. El 81% de las muestras tenían de 0 a 61% de microplásticos/litro. Las muestras provenientes de los EEUU fueron las que tenían el valor más alto (en promedio 9.24 partículas/litro), mientras que las naciones de la UE mostraban 4 de los valores más bajos. Curiosamente, el agua proveniente de los países desarrollados tenía una mayor densidad de partículas/litro (6.85), mientras que los países en desarrollo mostraban una menor densidad (4.26). El 99% de las partículas encontradas eran fibras. [8]

Orb Media realizó luego un estudio semejante de agua envasada con los mismos investigadores. Se analizaron 259 botellas provenientes de 11 marcas líderes de 19 lugares. Se encontraron microplásticos en el 93% de las botellas, con un promedio de 325 partículas/litro. El plástico identificado en el agua envasada incluyó polipropileno, nylon y PET. El estudio reveló una densidad promedio de 10.4 partículas/litro, aproximadamente el doble del encontrado en agua de grifo. Llamativamente, el agua conocida como *Nestlé Pure Life Water* tenía la más alta densidad de microplásticos, un promedio de 2.247 partículas/litro, mientras que una botella de agua de Nueva Delhi (India) contenía la menor densidad de microplásticos, un promedio de 3,72 partículas/litro.[9]

La noción de que el plástico proveniente del propio envase del agua podría contribuir a los microplásticos encontrados, fue confirmada por un estudio realizado en Alemania en 2018, con agua envasada en botellas de plástico, de vidrio y de cartón, en todas se encontraron microplásticos. Analizaron agua de 22 diferentes envases plásticos: retornable y de uso descartable, 3 cartones y 9 botellas de vidrio. Utilizaron espectroscopía Raman que es capaz de detectar partículas muy pequeñas, observaron que el 80% de todos los microplásticos tenían un tamaño promedio de 5-20 micrones, y por lo tanto no eran detectables por las técnicas usadas en los estudios anteriores. Los mayores niveles se determinaron en las botellas de plástico retornables (718+88 partículas/litro), en las botellas de plástico descartables fue menor (14+14), también en los envases de cartón (11+ 8) y en las botellas de vidrio (50+52 partículas/litro). La mayor parte de microplásticos en las botellas retornables fueron poliésteres (mayormente PET, 84%, y PP 7%). Esto no sorprende dado que las botellas están fabricadas con PET y las tapas con PP. La Asociación de Plásticos recicladores de los EEUU ha tomado interesantes iniciativas sobre el tema de las botellas de envases plásticos en desuso.[10]

2.5. Impacto de los aditivos en la salud humana

Poco se sabe todavía, pero el ser humano está expuesto a numerosos productos tóxicos provenientes de la existencia de plásticos en el ambiente, la comida, etc., la mejor medida de evaluar su impacto es el biomonitorio de estos compuestos, sus metabolitos u otras reacciones específicas en sangre y orina. El Centro para el control de la Salud y Nutrición Nacional de los EEUU, realizó en 2009-2010 una encuesta muy comprehensiva de la exposición de la población a compuestos químicos. Encontraron BPA en el 92% de orina de niños (>6 años) y adultos. Se detectaron 10 de los 15 ftalatos en todas las muestras y 4-nonilfenol en el 51% de la población. Otros estudios también demostraron que BPA es muy común en sangre y otros tejidos.[11]

Estudios similares se están llevando a cabo en otras partes del mundo. Un trabajo realizado por la Universidad de Viena y la Agencia Ambiental de Austria analizó muestras de participantes de Finlandia, Italia, Japón, Países Bajos, Polonia, Rusia, Inglaterra y Austria: todas las muestras dieron resultado positivo de presencia de microplásticos y fueron detectadas hasta 9 tipos de residuos plásticos.

En particular, cabe mencionar la urgente necesidad de prohibir el uso de micro-perlas y microesferas de plásticos especialmente agregadas en productos de cosmética y de higiene oral odontológica

2.6 Problemática de los aditivos en el reciclado de los residuos plásticos

El impacto de la liberación de los aditivos tóxicos al ambiente es particularmente relevante cuando los artículos plásticos que los contienen entran en desuso. En el ciclo de vida del producto plástico, cuando el mismo deja de ser un bien de consumo y entra en desuso, existen tres destinos: el reciclado, la incineración o el abandono en forma de residuo en el ambiente.

A priori el reciclado podría ser considerada la opción más amigable con el ambiente, pero los productos reciclados podrían contener aditivos tóxicos o sus metabolitos debido, en parte, a que no hay posibilidad de separar los materiales de plásticos en desuso que contienen aditivos, de los que no los contienen. En cierta medida, esto se produce debido a la falta del acceso a la información sobre qué aditivos y en qué concentraciones están presentes.

La industria del *reciclado* está tratando de responder a estos desafíos desarrollando tecnologías innovadoras. Por ej. el proceso *CreaSolv*® produce materiales reciclados con propiedades del plástico virgen. Este proceso es a base de solventes que eliminan de manera efectiva los contaminantes y aditivos y la reutilización del material recuperado para fabricar productos nuevos plásticos. En el tratamiento de plásticos que contienen polibromodifenil éteres, por ejemplo, permite separar los compuestos orgánicos bromados de los poliestirenos expandidos, lo que permite reciclar el estireno recuperado limpio [9].

La segunda opción para los productos plásticos en desuso es la *incineración*, lo que produce como principal problema el de emisiones de contaminantes orgánicos persistentes a la atmosfera.[2] También, en algunos casos los halógenos emitidos por la combustión de los residuos plásticos pueden causar corrosión en incineradores y otras instalaciones térmicas, limitando sus capacidades para la recuperación térmica del plástico [12]. En el caso de las nuevas plantas generadoras de energía, que utilizan como insumos residuos plásticos, las mismas se encuentran equipadas con tecnologías de control para la contaminación, a fin de limitar la dispersión de los contaminantes orgánicos persistentes [13]. Sin embargo, los residuos tóxicos pasan a las cenizas volantes y, en menor medida, a cenizas de fondo. Esta transferencia podría favorecer la dispersión de contaminantes orgánicos persistentes y contaminar la cadena alimentaria con los mismos [14].

as técnicas de no combustión también se usan para la destrucción o transformación irreversible de plásticos que contienen aditivos orgánicos persistentes, pero cabe destacar que ninguna de estas tecnologías se han aplicado gran escala. Por ejemplo, el proceso mecanoquímico destruye los difenil éter polibromados y los poliperfluoroalquilos de los plásticos [15]. Dicho proceso también se puede aplicar a los plásticos de desechos electrónicos que contienen compuestos orgánicos bromados persistentes.

El tercer destino de los plásticos en desuso son los vertederos, el 79% de los plásticos termina acumulándose y desgastándose en piezas y partículas más pequeñas (macro, micro y nano plásticos) en los distintos compartimientos ambientales, tanto terrestres, acuáticos y marinos. El tema de la basura plástica en distintos ambientes acuáticos (ríos, mares, océanos) y sus consecuencias, ha sido ampliamente abordado en capítulos anteriores.

2.7. Acciones Internacionales tendientes a reducir el uso de plásticos.

Hasta el momento, los esfuerzos para reducir la crisis de contaminación plástica, han resultado poco fructíferos debido a una suma de factores: la escala y complejidad de los impactos, las limitaciones en los sistemas de evaluación de riesgos, la limitada información y datos sobre la exposición, etc.

2.7.2 Estrategia de la Unión Europea (UE)

Desde enero 2018, la Unión Europea (UE) adoptó una estrategia global (“Action Plan”) para transformar la manera en que los productos plásticos se designan, producen, usan y reciclan, dentro del concepto de Energía Circular. Con ella se busca un mejor diseño de los productos plásticos y un mayor porcentaje de reciclado de los residuos plásticos, se piensa que más cantidad, y mejor calidad de los reciclados, aumentará el posible mercado para los plásticos reciclados.[16]

Como primera medida, se hizo un detallado estudio de los 10 productos plásticos principales que se han recogido como “basura” en costas de lagos, mares y océanos. Son productos que “se usan una sola vez” (“single-use”) entre los que se encuentran: cajas de comida, envases de bebidas y sus tapas; cotonetes o hisopos; cubiertos, platos y sorbetes; globos con sus barritas; paquetes y envoltorios; filtros para cigarrillos; toallas higiénicas; pañales; bolsas livianas; cañas de pescar y otros elementos de pesca. [17]

El Parlamento europeo ha establecido varias directivas para estos productos plásticos “descartables”, entre ellas cabe mencionar: restricciones en el consumo; restricciones en el mercado; requisitos de diseño para el producto; requisitos de venta; responsabilidad extendida para el productor; recolección por separado; medidas para aumentar la concientización del consumidor. Esta estrategia es parte de la transición de Europa hacia una economía circular, que contribuirá al logro de las metas de desarrollo sustentable (UN SDGs), los compromisos globales para combatir el cambio climático y los objetivos de la industria de la UE. [18].

2.7.3. Alianzas entre Empresas multinacionales productoras de Plásticos.

Conscientes de la terrible amenaza a los ecosistemas terrestres y marinos que representan los residuos de productos plásticos en el ambiente, las mayores empresas globales productoras de plásticos y otros compuestos químicos han suscrito en el año 2019 una alianza para terminar con la basura plástica (“Alliance to end Plastic Waste”, AEPW). Empresas multinacionales tales como la Basf, Dow, Procter & Gamble, entre muchas otras, forman parte de esta alianza,

que es una organización conformada por la comunidad financiera, gubernamental, la sociedad civil, y varias ONGs dedicadas a la protección ambiental. Su objetivo es promover un mundo libre de “basura” plástica, y cuenta con la colaboración estratégica del Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sustentable (World Business Council for Sustainable Development). Se propone desarrollar y llevar a escala recursos para minimizar y gestionar los residuos plásticos y promover soluciones para colaborar en lo que pueda permitir llegar a una economía circular para plásticos. [19]

Organizaciones no gubernamentales transnacionales también se han involucrado; la ONG para la “Conservación de los Océanos” (*Ocean Conservancy*), ha emprendido un plan de acción para ayudar en la colecta de residuos y en las soluciones de reciclado en los países del sudeste asiático, incluyendo proyectos que aumenten la capacidad de ONGs locales, y de alianzas con líderes de las ciudades con el objetivo de desarrollar, escalar y replicar soluciones que se puedan implementar.

2.8. Puede la “basura” convertirse nuevamente en plástico?

Dada la gran acumulación de residuos plásticos, desde hace varios años en los países desarrollados existen varios movimientos multilaterales entre dos o más países, para mitigar reducir, y/o reutilizar los residuos plásticos, con acuerdos entre las empresas, gobiernos, ONGs, etc.

Se ha diseñado una estrategia de plan de acción global (“Global Plastic Action Partnership”), para alinear a las empresas, la sociedad civil, los gobiernos locales y nacionales, grupos comunales y expertos de nivel mundial, con el objetivo de resolver la contaminación plástica. Esta alianza fue inicialmente financiada por los gobiernos de Canadá y el Reino Unido, y algunas grandes empresas multinacionales, con el objetivo de conseguir establecer soluciones viables, este año han comenzado con el gobierno de Indonesia, que podrían ser luego adaptadas e implementadas en otros países,. [20]

Entre octubre y noviembre 2020 se han realizado varios encuentros de diversas empresas multinacionales con propuestas para convertir la “basura” en plásticos reusables con el doble objetivo de reducir la acumulación de plásticos en desuso y extraer el plástico reutilizable. El CEO de la empresa UBQ Materials de Israel, explica como la basura puede convertirse en nuevos materiales termo plásticos, que pueden ser competitivos en precio y además reducir las emisiones que ocurren en el ciclo de vida tradicional de plásticos. También Unilever propone reducir a la mitad los plásticos en diversos productos con un plan de recuperación, y dar un certificado RSPO para ayudar a las comunidades productoras de alimentos. [21]

Por su parte, Coca Cola se propone un plan de sustentabilidad a sus asociados europeos para llegar a tener un 100% de botellas recicladas. La estrategia es usar materiales reciclados, un fuerte desafío que compara los costos económicos del plástico reciclado versus el uso de materia prima virgen. [22]

2.9. Organizaciones intergubernamentales de alcance global para mitigar y/o reducir el efecto de los materiales plásticos.

Atendiendo a los múltiples problemas que se observan en amplias zonas geográficas por el uso intensivo de productos químicos peligrosos (PQP), en los comienzos de este siglo, el Programa de la Organización de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, o UNEP por sus siglas en inglés) estableció tres Convenios relacionados con los cuidados que requiere el manejo de ciertos PQP, Argentina ha firmado su compromiso con los 3 convenios). Recientemente, fueron asociados bajo la sigla BRE, que se refiere a los Convenios de Basilea (regula fundamentalmente el transporte), Rotterdam (alerta temprano para los países importadores, PICs) y Estocolmo (regula la producción de los productos orgánicos persistentes, POPs).

Alerta a los serios inconvenientes ocasionados por los materiales plásticos, en el año 2019 la UNEP ha incorporado a nivel Global, un nuevo capítulo de tratamiento de productos químicos peligrosos dedicado a la discusión de las propiedades y características de los polímeros plásticos (23).

El Programa constituye un compromiso que asumen los países firmantes de cada convenio, los Convenios BRE han sido firmados por la mayoría de los países (cada convenio tiene aproximadamente entre 170-190 países signatarios). El Programa tiene un especialista en PQP designado por cada uno de los países miembros, con los que se conforma un Comité de expertos. Miembros del Comité se reúnen anualmente para examinar nuevos estudios de productos químicos, que revelan la toxicidad para la salud humana y/o el ambiente de productos en uso y/o recientemente introducidos en el mercado.

Por su parte, las autoridades de gobierno de todos los países firmantes se reúnen en Asamblea (COP) cada dos años, para decidir si se adoptan las medidas aconsejadas por el Comité de expertos en cada caso, o si hacen falta más estudios para llegar a una decisión, en cuyo caso vuelve a ser revisado al año siguiente en una nueva sesión del Comité de Expertos. Este proceso se repite todas las veces que sea necesario, en los períodos entre sesiones los países van aportando nuevos estudios, hasta que las recomendaciones sean aceptadas por unanimidad en la Asamblea

En el caso del reciente Convenio dedicado a los Plásticos, (del cual también Argentina es signatario), la Asamblea, reunida por primera vez en el año 2019 adoptó importantes resoluciones referidas a la “basura” plástica en ambientes marinos [24] y a los plásticos “de un solo uso” [25], entre otros temas.

A este respecto, cabe destacar que, consecuente con los compromisos adquiridos, en Noviembre 2020, el Senado de la Nación Argentina, aprobó el Proyecto de Ley de Presupuestos Mínimos para Plásticos de un solo uso. El texto del Proyecto es muy completo, los considerandos contienen muchos de los conceptos vertidos en la Sección 2 de este capítulo, en especial lo que concierne a “envases descartables” y la estrategia de la UE al respecto. También se ha

presentado un proyecto de ley para prohibir el uso de micro-perlas y microesferas de plásticos en productos de cosmética y de higiene oral odontológica.[26]

CONCLUSIONES

Una evaluación del impacto de los residuos plásticos, que tenga en cuenta solamente los componentes del producto, descartando los miles de aditivos y su evolución en cada etapa del ciclo de vida, es no solo incompleta sino también peligrosa. El conocimiento acumulado en estos últimos años amerita la adopción de un enfoque precautorio sobre todo su ciclo de vida, y la decisión de tender a reducir la producción global de plásticos y de sus usos. En este sentido, es meritorio destacar los recientes planes de acción global generados por acuerdos entre países y regiones, la interacción de productores, usuarios y consumidores, y las decisiones conjuntas adoptadas recientemente por la gran mayoría de los gobiernos reunidos en Asamblea, con el objetivo de mitigar y/o reducir el impacto de los polímeros plásticos en la salud humana y el ambiente

REFERENCIAS

- [1] N. Zaritzky, N. S. Nudelman, “*Gestión de los Residuos Plásticos. Una preocupación Global*”. Instituto del Ambiente, Academia Nacional de Ingeniería, (2020)
- [2] W. W. Y. Lau, Y. Shiran, R. M. Bailey, E. Cook, M. R. Stuchtey, J Koskella, C. A. Velis, L. Godfrey, J. Boucher, M. B. Murphy, R. C. Thompson, E. Jankowska, A. Castillo Castillo, T. D. Pilditch, B. Dixon, L. Koerselman, E. Kosior, E. Favoino, J. Gutberlet, S. Baulch, M. E. Atreya, D. Fischer, K. K. He, M. M. Petit, U. R. Sumaila, E. Neil, M. V. Bernhofen, K. Lawrence, J. E. Palardy. *Science*. **10.1126/science.aba 9475** (2020).
- [3] C. Gallistl, J. Sprengel, W. Vetter. *Sci Total Environ* **615**, 1019-1027(2018).
- [4] B. Yuan, A. Strid, P. O. Darnerud, C. A. de Wit, J. Nyström, Å. Bergman, *Environ Int* **109**, 73-80 (2017).
- [5] *Plastic’s toxic additives and the circular economy, Regional Activity Centre for Sustainable Consumption and Production (SCP/RAC) - Regional Centre under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants – IPEN* (2020).
- [6] J. N Hahladakis. *An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling*. Hazardous Materials: Elsevier, (2017).
- [7] European Commission: *Single use plastics-impact –assessment: proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the reduction of the impact of certain plastics products on the environment-* Brussels, 28 /05/2018-SWD 254 (2018)

- [8] European Commission. *Assessment of measures to reduce marine litter from single use plastics. Final Report and Annex*- ICF Ecnomia — Job number J320301241 www.icf.com 30 mayo (2018)
- [9] M. Schlummer, L. Popp, F. Trautmann, F. Zimmermann, A. Mäurer. *Electronics Goes Green 2016+ (EGG)* Berlin, 2016.
- [10] American Chemical Council (ACC)- / The Association of Plastics Recyclers (APR)- “2018 United States national Postconsumer Plastic Bottle Recycling Report” www.plasticsrecycling.org www.americanchemistry.com (2018)
- [11] CIEL- Center for international Environmental Law- “Plastic and Health. The Hidden Costs of a Plastic Planet”-Febrero 2019 www.ciel.org/plasticandhealth
- [12] A.C. Buekens. *PVC and waste incineration – modern technologies solve old problems, in: The 6th International Conference on Combustion, Incineration/Pyrolysis and Emission Control: Waste to Wealth.* Elsevier (2010).
- [13]. J. N Hahladakis. *An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling.* Hazardous Materials: Elsevier, (2017).
- [14] R. Weber, C. Herold, H. Hollert, J. Kamphues, M. Blepp, K. Ballschmiter, *Environmental sciences Europe*, **30**(1), p. 42. (2018)
- [15] K. Zhang, J. Huang, H. Wang, G. Yu, B. Wang, S. Deng, J. Kanoband, Q. Zhang. *RSC Advances* **4**(28), pp. 14719-1472 (2014).
- [16] EEA Report N° 02/2019 *Preventing Plastic Waste in Europe* ISBN-978-92-9480-194-4 www.eea.europa.eu/publications. Junio (2018).
- [17] EEA- European Environmental Agency- “What are European countries doing to tackle plastic waste?” www.europe-eu Junio (2019).
- [18] European Commission: *Fact Sheet- Brussels 28/05/2018. Single use plastics. New EU rules to reduce marine litter.* (2018)
- [19] AEPW-Alliance to end plastics Waste. Sustainable Packaging Coalition. Program Hefty Energy Bag. (2019)
- [20] Global Plastics Association for Solutions on Marine Litter- 4° Progress Report - www.marinelittersolutions.com. March (2018)
- [21] Innovation Forum, November 20, (2020).
- [22] Innovation Forum, October 29 (2020)

- [23] UNEP/EA.4/3 “Towards a Pollution Free Planet”; UNEP/EA. 4/11 “Análisis de los compromisos voluntarios aplicables a la basura marina y los microplásticos, de conformidad con la Res 3/7. (2019)
- [24] UNEP/EA.4/Res.6, Basura marina y microplásticos, Resolución de la Asamblea de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, ANUMA IV (2019).
- [25] UNEP/EA.4/Res.9 Abordando la contaminación por los plásticos de un solo uso. Resolución de la Asamblea de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, UNEA IV (2019).
- [26] Honorable Cámara del Senado de la República Argentina, Aprobación de la Ley de Presupuestos Mínimos para Plásticos de un solo uso”, Noviembre 20, 2020