

## REVISIÓN

### MAR DEL PLÁSTICO: UNA REVISIÓN DEL PLÁSTICO EN EL MAR

por

RODOLFO ELÍAS

Grupo Bioindicadores Bentónicos, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Rodríguez Peña 4046, B7602GSD - Mar del Plata, Argentina  
correo electrónico: roelias@mdp.edu.ar

#### SUMMARY

**Plastic Sea: a review of plastic at sea.** 80% of plastic pollution at sea derives from land sources; the remaining 20% is of marine origin. Plastic pollution causes plugging of energy production cooling systems and entanglement of propellers, affects aquaculture development and deteriorates aesthetic values. The damage caused at all levels of marine life includes plankton, benthic invertebrates and large mammals. Plastic intake releases toxic substances and reduces efficiency of physiologic processes, with the consequent risk of direct or indirect death. The increase of plastic debris in the oceans is directly related to consumption and people's unawareness. The seas of Brazil, Uruguay, Argentina and Chile, South American countries far away from large production and consumption centers, show an incipient plastic pollution. A key source of pollution is the inadequate management of waste such as dumps in the open, lack of selection and recycling of plastic materials, of rain water treatment and irresponsible tourism. Recycling is an essential tool to reduce oil use, carbon dioxide emissions and toxic residues.

#### RESUMEN

El 80% de la contaminación del mar por plástico deriva de fuentes terrestres; el 20% restante es de origen marino. La contaminación por plástico produce obturación de los sistemas de enfriamiento en producción energética y el enredo de hélices, afecta el desarrollo de la acuicultura y deteriora valores estéticos. El perjuicio que causa a todo nivel de la vida marina alcanza al plancton, los invertebrados bentónicos y grandes mamíferos. La ingesta de plástico produce liberación de sustancias tóxicas y reducción de la eficiencia de los procesos fisiológicos, con el consecuente riesgo de muerte directa o indirecta. El aumento de restos plásticos en los océanos está directamente relacionado con el consumo y la falta de concientización de la población. Los mares de Brasil, Uruguay, Argentina y Chile, países sudamericanos alejados de los grandes centros de producción y consumo, muestran una incipiente contaminación por plástico. Una fuente clave de contaminación es el inadecuado manejo de residuos tales como basurales a cielo abierto, falta de selección y reciclado de materiales plásticos, de tratamiento de pluviales y turismo irresponsable. El reciclado constituye una herramienta esencial para reducir el uso de petróleo, las emisiones de dióxido de carbono y los desechos tóxicos.

**Key words:** Plastic at sea, sources, biological effects, South-American and world distribution, recommendations.

**Palabras clave:** Plásticos en el mar, fuentes, efectos biológicos, distribución sudamericana y mundial, recomendaciones.

---

## INTRODUCCIÓN (DE PLÁSTICOS EN EL MEDIO MARINO)

---

Los contaminantes están distribuidos ampliamente en todos los océanos del mundo, desde la línea alta de la marea hasta las fosas abisales, y comprenden desde diminutos trozos de plástico a la contaminación radioactiva, y desde invisibles nutrientes que inducen la eutrofización de los mares hasta masivos derrames de petróleo vistos desde el espacio. El aporte de la humanidad es incesante y global.

En su origen (griego) la palabra polución significaba “suciedad del mar”. Mucho ha transcurrido desde aquella acepción y la actual contaminación que produce la “suciedad del mar”. Hoy es aceptado que la diversidad biológica declina por las diversas actividades del ser humano. Este efecto es tan agudo que la tasa de extinciones se ha acelerado por un factor que se calcula entre 1.000 y 10.000 (Lovejoy, 1997). Uno de los productos fabricado por el hombre que contamina (y que también produce polución, es decir el efecto perjudicial de un contaminante de acuerdo con Chapman, 2007) es el plástico.

Los llamados plásticos son muy prácticos. Esto les ha permitido incorporarse a la sociedad de consumo, ya que forman parte de casi todo: envuelven todos y cada uno de nuestros productos de consumo, desde los regalos hasta los alimentos. El material plástico ha reemplazado a cualquier otro material: la madera para sillas y mesas, o mesadas, a veces con apariencia de mármol, el aislante es plástico, el teflón reviste las sartenes, el nylon cubre las piernas de las mujeres, el acetato en los pantalones, el “cuero ecológico” no es más que plástico, etc. Cualquier objeto en la vida cotidiana tiene altísimas posibilidades de ser de plástico.

Parte de su éxito es que son baratos y livianos, pero también que tienen gran resistencia. Ella se refleja en la dificultad de romperlo o desgarrarlo,

pero también se manifiesta por su resistencia a la corrosión y a las altas temperaturas, y también son buenos aislantes eléctricos. Los plásticos son productos sintéticos, preparados por la polimerización de monómeros derivados de petróleo o de gas, generalmente con la incorporación de diversos aditivos químicos que potencian sus propiedades (Thompson *et al.*, 2009).

Lo que es llamado plástico está constituido por polietileno (PE) de alta y de baja densidad, polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno (PS) y polietileno tereftalato (PET). En conjunto, estos plásticos representan el 90% de la producción mundial (Andrady, 2011; Engler, 2012). La producción mundial de plásticos se ha incrementado, a ritmo de la demanda de este producto, desde unas 1,5 millones de toneladas en la década de los cincuenta hasta las 280 millones de toneladas en 2011 (PlasticsEurope, 2012). Según Gregory y Ryan (1997) los plásticos constituyen entre el 60 y el 80% de la basura presente en el medio marino. Se pensaba que los plásticos eran inertes, es decir que no reaccionaban con nada, que eran estables y por lo tanto no contaminaban.

### Plásticos grandes, plásticos chicos

Los llamados macroplásticos (envases, bolsas, botellas, los de embalaje, juguetes, etc.) y su efecto en el ecosistema marino han sido objeto de muchos estudios. La presencia de estos plásticos de gran tamaño significa una pérdida de valor estético de los lugares donde están presentes, con implicancias económicas negativas para la industria del turismo. También son una amenaza para numerosas industrias basadas en el mar o en zonas costeras (navegación, pesca, acuicultura y producción de energía), por los enredos o daños a los equipos (Derraik, 2002; Barnes *et al.*, 2009; Sivan, 2011) y por daño o muerte de aves marinas, mamíferos, peces y reptiles como resultado del enredo y la ingestión (Derraik, 2002; Gregory, 2009; OSPAR, 2009).

Sin embargo, en fechas recientes, se comenzó a dar importancia a los efectos de los llamados microplásticos, aquellos producidos por la fragmentación de los plásticos grandes. La primera mención de plásticos de pequeño tamaño en mar abierto fue en la década de los setenta (Carpenter y Smith, 1972), y un renovado interés científico en los microplásticos ha mostrado que estos contaminantes están ampliamente distribuidos y son ubicuos en el medio marino (Rands *et al.*, 2010; Sutherland *et al.*, 2010; Ivar do Sul *et al.*, 2009).

Debido a su pequeño tamaño (2 a 5 mm), los microplásticos son considerados biodisponibles (es decir, disponibles para que se incorporen accidental o intencionalmente a un organismo). Su composición y su gran superficie relativa los hacen propensos a que se les adhieran los contaminantes orgánicos, y a la vez lixiviación (liberación) de los plastificantes (que se consideran tóxicos). La ingestión de microplásticos puede, por tanto, llevar a la introducción de toxinas a la base de la cadena alimentaria, desde donde hay potencial de bioacumulación (Cole *et al.*, 2011; Rochman *et al.*, 2013). Es decir que si un organismo consume a otro que contiene plástico, este se incorporará al primero, y cuanto más coma, más plástico contendrá su cuerpo.

Algunos microplásticos entran al medio directamente en la forma de pequeños *pellets*, que son usado como abrasivos en la industria (*shotblasting*) o en la cosmética (Fendall y Sewell, 2009). También pueden ser liberados por derramarse accidentalmente como gránulos de plástico vírgenes (Thompson *et al.*, 2009). Los limpiadores faciales que son utilizados por millones de personas, sobre todo en los países desarrollados, contienen partículas de poliestireno que entran directamente a los sistemas de alcantarillado y ambientes costeros adyacentes (Derraik, 2002; Thompson *et al.*, 2004; Fendall y Sewell, 2009; Ryan *et al.*, 2009).

Cuando se tomaron muestras de efluentes de aguas residuales, así como antiguos vertederos de

barros cloacales, se encontraron la misma gama de microfibras plásticas, en exactamente las mismas proporciones de los polímeros utilizados por la industria de la confección de vestimentas. En cada lavado hay un promedio de 1.900 microfibras que pasan a través de todos los filtros y son incorporados a las aguas residuales. Esto ocurre en cada lavaropa (Katsnelson, 2015).

Plásticos más grandes eventualmente se someten a alguna forma de degradación y posterior fragmentación, lo que conduce a la formación de trozos pequeños o de microplásticos (menos de 5 mm). Estos gránulos o *pellets* están siendo estudiados, y cada vez más, pues aunque su duración se estima en entre 3 y 10 años; algunos pellets con aditivos especiales pueden perdurar entre 30 y 50 años (Gregory, 1978).

### ¿Islas de plástico?

En el norte del Océano Pacífico flota una masa de fragmentos de plástico llamada comúnmente como “El parche de basura del Pacífico Norte”. El término “parche” es un nombre equivocado, pues es tal la extensión de este parche que su tamaño es indeterminado (ni los mejores estudios han podido estimar la verdadera extensión de este fenómeno). Por otra parte es también un eufemismo, es decir parche es una palabra que se usa para disimular una realidad desagradable, o con la intención de ser cómica (aunque sea trágica).

Algunos usan el término de isla, y sería un poco más apropiado, aunque una persona no podría caminar sobre esta isla. Es más bien una sopa. Se forma por la basura, principalmente de plásticos provenientes de fuentes terrestres (un 80%) y de aportes de barcos (20%), los cuales son transportados a una gran región situada en medio del océano Pacífico norte (entre América del Norte y Japón). Allí la corriente marina (“el giro subtropical del Pacífico norte”), junto con los vientos y la presión atmosférica producen una circulación que engloba los desechos flotantes y los mantiene unidos en esa masa de agua.

Los giros (hay cinco en el mundo, ver Figura 1) son lugares donde se acumulan todos estos fragmentos flotantes, principalmente de plástico. En el período 1972 a 2010 la densidad media de partículas plásticas en el giro del Pacífico norte era de entre 0 y 0,116 partículas y un peso de entre 0 y 0,086 microgramos por metro cúbico. Los valores recientes muestran un incremento muy significativo, registrando una concentración máxima de 32,7 partículas y un peso de 250 miligramos por cada metro cúbico (Goldstein *et al.*, 2013). El área puede contener cerca de 100 millones de toneladas de desechos. El tamaño de la zona afectada se desconoce, aunque se estima que va desde los 700.000 km<sup>2</sup> hasta más de 15 millones de km<sup>2</sup> (del 0,41 al 8,1% del tamaño del Océano Pacífico).

### La contaminación por plásticos y ética

Para concientizar al mundo del grave problema de la contaminación marina por plásticos, la artista italiana María Cristina Finucci fundó el 11 de

abril de 2013 en la UNESCO el Estado del Parche de Basura (*Garbage Patch State*). Es un estado federal formado por las cinco “islas” constituidas por desechos plásticos transportados por las corrientes oceánicas. Como todos los estados tiene su propia bandera, una constitución, y también un pabellón nacional (<http://www.garbagepatchstate.org>).

Estas islas de basura son una demostración cabal del daño que el ser humano le está haciendo a los océanos, y por lo tanto al planeta. Un símbolo del consumismo. Y sin embargo, poco se ha discutido sobre el significado ético de estas islas. Los marcos básicos de la ética global son dominados por la imagen del “círculo”, una frontera abstracta destinada a separar “humanidad” del resto del universo y aislarlo contra el daño. Sin embargo, Mitchell (2015) sostiene que el plástico marino socava el “círculo” de dos maneras. Una porque el enredo de la fauna y las propiedades de toxicidad del plástico penetran en los límites del círculo. El segundo modo es porque ejerce un



Figura 1. Imágenes de los cinco giros oceánicos. En el giro del Pacífico Norte se detectó plástico flotante en forma de isla o parche de basura. Otra isla de basura se observó en el giro del Atlántico Norte. Tomado de [http://es.wikipedia.org/wiki/Isla\\_de\\_basura](http://es.wikipedia.org/wiki/Isla_de_basura) (2015).

Figure 1. Images of the five oceanic gyres. In the North Pacific gyre floating plastic in the shape of garbage island or patch was detected. Another garbage island was observed in the North Atlantic gyre. Taken from [http://es.wikipedia.org/wiki/Isla\\_de\\_basura](http://es.wikipedia.org/wiki/Isla_de_basura) (2015).

daño significativo, pero a escalas que superan radicalmente las dimensiones espacio-temporales dominantes del “círculo”. Su argumento también se puede aplicar a otros fenómenos humanos que vulneran la ética (por ejemplo, residuos nucleares y la contaminación por nitratos que inducen eutrofización, ambos de escalas espacio-temporales y relacionales similares).

El plástico no se recicla a gran escala ni se reutiliza porque “no es rentable”, y sigue siendo “más barato” fabricarlo a partir de recursos no renovables. Alrededor de 4% del petróleo y de la producción mundial de gas, recursos no renovables, se utilizan como materia prima para plásticos y otro 3-4% se gasta para proporcionar energía para su fabricación. Una parte importante del plástico producido cada año se utiliza para hacer artículos desechables u otros productos de vida corta que se descartan al cabo de un año (Hopewell *et al.*, 2009). Estas dos observaciones por sí solas indican que el uso actual de los plásticos no es sostenible.

Jambeck *et al.* (2015), uniendo datos de todo el mundo, y teniendo en cuenta la densidad poblacional y el estado económico de los países, estimaron la masa de plástico de origen terrestre en 275 millones de toneladas métricas, de las cuales entran en los océanos entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas métricas anuales. Lo que influye en este caudal es principalmente la densidad poblacional y la forma en que los desechos se manejan en cada lugar. Sin una mejora en el manejo de los desechos la cantidad de plástico que entrará a los océanos se incrementará en un orden de magnitud para 2025.

---

## EL ORIGEN

---

Una de las principales vías de ingreso de los plásticos al mar son los ríos, pero también los drenajes pluviales y los de aguas servidas (o cloacales). Hay regiones donde el viento arrastra basura plástica a los mares (por ejemplo, en la Patago-

nia). Todas las grandes ciudades, y más aun las ciudades industriales, son generadoras de la contaminación por plásticos. El plástico también termina en el medio marino por accidente, o porque se maneja descuidadamente, o porque es dejado atrás por las personas que van a la playa. Los pescadores deportivos y los botes recreacionales descargan o dejan grandes cantidades de desperdicios.

El vertido de plástico al mar es un problema que está lejos de disminuir, de hecho aumenta día a día. Por ejemplo una playa de Panamá fue despojada de su basura, y al cabo de solo 3 meses había recobrado el 50% de ella (Garrity y Levings, 1993). Incluso basura plástica ha sido observada en islas subantárticas, en especial de líneas de pesca (Walker *et al.*, 1997).

### Los ríos (como vías de ingreso) de plásticos

Usando muestras de agua de dos ríos de Los Ángeles (California, EE.UU.) en el período 2004-2005, Moore (2008) cuantificó la cantidad de fragmentos de plástico de menos de 5 mm de diámetro que estaban presente. Extrapolando los datos resultantes reveló que solo estos dos ríos liberarían más de 2 mil millones de partículas de plástico en el medio marino durante un período de tres días. El clima extremo, como inundaciones o huracanes, puede exacerbar esta transferencia de basura y restos de la tierra al mar (Barnes *et al.*, 2009; Thompson *et al.*, 2004).

En el Támesis, en Inglaterra, durante un período de tres meses, de septiembre a diciembre de 2012, en siete localidades en la parte superior del estuario, 8.490 artículos de plástico fueron interceptados en redes ancladas al lecho del río. Además, más del 20% de los artículos de la basura eran componentes de los productos sanitarios. La mayor parte eran tampones, junto con las tiras de plástico de las toallas sanitarias (Morritt *et al.*, 2014). Estos desechos ya habían sido identificados previamente como un contribuyente importante a aquellos que se acumulan en las riberas de



los ríos y playas, en gran parte como consecuencia de su longevidad (Williams y Simmons, 1997). Vale la pena señalar en este punto que este tipo de productos sanitarios no están diseñados para ser eliminados a través de los baños, que es de suponer como la mayoría ha entrado en el sistema fluvial. Los sitios más contaminados estaban en las proximidades de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Mientras la basura flotante es visible, este estudio también demuestra que un gran volumen invisible de plástico sumergido está fluyendo hacia el mar. Por tanto, es importante que este componente sub-superficial se considere a la hora de evaluar la entrada de la contaminación por plástico en el mar.

En un estudio de la basura en el Canal de Bristol (Inglaterra), la mayoría de la basura en los márgenes de la tierra era de origen fluvial, con relativamente pocos elementos que puedan ser considerados de origen marino (Williams y Simmons, 1997). Esto generalmente coincide con los hallazgos descritos para el estuario del *Firth of Forth (of Clyde)*, donde había poca evidencia de que la basura fuera derivada de actividades de transporte marítimo (Caulton y Macogni, 1987). En un estudio en el *Firth of Clyde*, la mayoría de la basura de la playa era de actividades recreacionales o provenientes de descargas de aguas residuales (Storrier *et al.*, 2007).

### El aporte marítimo

Las flotas pesqueras son el principal productor de basura plástica en el mar. Solamente en 1975 la flota de pesca arrojó al mar unas 135.400 t de plástico en líneas de pesca, así como 23.600 t de plástico de embalaje (Cawthorn, 1989; DOC, 1990). La flota mercante arroja al mar cada día 93.000 contenedores de plástico, así como otros plásticos (Horsman, 1982).

Las artes de pesca son uno de los elementos de desechos plásticos más comúnmente observados en el mar (Andrady, 2011). Desechados o perdidos, estos artes de pesca, incluyendo la línea de

monofilamento de plástico y redes de nylon, tienen típicamente flotabilidad neutra y, por tanto, puede derivar a profundidades variables dentro de los océanos. Esto es particularmente problemático debido a su capacidad inherente para causar el enredo de la biota marina, conocida como ‘pesca fantasma’ (OSPAR, 2009).

Históricamente, las embarcaciones han sido un importante contribuyente a la contaminación marina. En 1988, un acuerdo internacional (MARPOL 73/78 Anexo V) puso en práctica la prohibición para los buques de la eliminación de los residuos de plástico en el mar. Sin embargo, en general se considera que la falta de cumplimiento y la (falta de) educación han dado como resultado una gran descarga de plástico en el medio marino (Derraik, 2002; OSPAR, 2009), contribuyendo un estimado de 6,5 millones de toneladas de plástico a los océanos a principios de 1990 (Derraik, 2002). El autor de esta nota ha embarcado en buques de pesca y en embarcaciones de investigación y ha observado una total negligencia por parte de oficiales y marineros respecto a la disposición de residuos. La cartilla de qué y dónde se puede arrojar por la borda es meramente decorativa, y al andar se hace una estela de todo tipo de desechos.

### Degradación

Se pensaba que los plásticos eran inertes, o que de degradaban a un ritmo de cientos o miles de años. Pero estudios recientes han demostrado que esta visión estaba equivocada. La degradación es un proceso de cambio químico, que lleva a la parcial desintegración de las moléculas de polímeros, disminuyendo su peso molecular. Los polímeros más usados (polietileno y polipropileno) tienen pesos moleculares elevados y no son biodegradables. Sin embargo, una vez que llegan al medio acuático ellos comienzan la degradación foto-oxidativa por la radiación solar (radiación UV o ultravioleta), seguido de degradación térmica (por calor) o química (o ambas). Esto hace

que los plásticos sean susceptibles de ulterior acción microbiana (por ejemplo, biodegradación). Pero, cualquiera sea el mecanismo de degradación, lo que produce es un debilitamiento de la estructura del plástico haciéndolo débil, y el material queda lo suficientemente frágil como para fragmentarse cuando se traslada o agita (por corrientes de agua). Este proceso ocurre por siempre, incluso a nivel molecular. Los procesos microbiológicos afectan rápidamente al plástico cuando está sumergido, cambiando las propiedades de estos materiales, haciéndolos flotar. Si estos fragmentos de plástico finalmente se hunden pueden entonces quedar en el fondo marino (Barnes *et al.*, 2009; Andrady, 2011).

---

## EFFECTO DEL PLÁSTICO SOBRE LA VIDA

---

Los desechos marinos figuran entre las principales amenazas a la biodiversidad, y son motivo de especial preocupación debido a su abundancia, durabilidad y la persistencia en el medio ambiente marino. Se registraron numerosas consecuencias directas e indirectas, con la posibilidad de efectos subletales, de la ingestión, un área de considerable incertidumbre y preocupación.

Gall y Thompson (2015) examinan las evidencias presentadas en 340 publicaciones sobre interacción entre organismos y basura en el mar. De ellas, 292 informaron de la ingestión o enredo entre organismos y desechos marinos. El plástico fue el material reportado con mayor frecuencia en los casos tanto de enredo como de ingestión (92%). Estos informes muestran que fueron afectados 44.006 individuos de 395 especies, y representaron un incremento del 49% respecto a las 267 especies reportadas por Laist (1997).

Los reportes de enredos con desechos marinos son más numerosos para la ballena del norte (*Eubalaena glacialis*, n = 38), la tortuga de mar verde (*Chelonia mydas*, n = 19), y la tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*, n = 15). Los

informes de la ingestión de desechos marinos fueron más numerosos en la tortuga verde (*C. mydas*, n = 20), el Petrel fulmar del norte (*Fulmarus glacialis*, n = 20) y la tortuga cabezona (*Caretta caretta*, n = 18). Especies con el mayor número de individuos que ingirieron desechos fueron el fulmar del norte (*F. glacialis*, n = 3.444), el albatros (*Phoebastria immutabilis*, n = 971) y el Petrel (*Puffinus gravis*, n = 895). El mayor número de individuos enredados con restos fueron el oso marino ártico (*Callorhinus ursino*, n = 3.835), el león marino de California (*Zalophus californianus*, n = 3.587), y el frailecillo atlántico (*Fratertula arctica*, n = 1.674).

Todas las especies conocidas de tortugas marinas, el 54% de todas las especies de mamíferos marinos, y el 56% de todas las especies de aves marinas se vieron afectadas por el enredo y la ingestión de desechos marinos y el porcentaje de encuentros ha aumentado para todos los grupos taxonómicos desde la revisión de Laist (1997). Un estudio sobre el contenido estomacal de miles de aves marinas mostró un incremento significativo del contenido de plásticos en un período de 10-15 años (Robards *et al.*, 1997). Mientras que el número de informes de especies de peces con los desechos marinos sigue siendo bajo (0,68%), el número de especies afectadas casi se ha duplicado desde 1997 (Gall y Thompson, 2015).

Una comparación con la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza destacó que al menos el 17% de las especies afectadas por el enredo e ingestión están incluidas como amenazadas o casi amenazadas. Por lo tanto, donde los desechos marinos se combinan con otros factores causantes de estrés (derivados de la actividad humana) se pueden afectar a las poblaciones, las interacciones tróficas y los conjuntos de especies (Gall y Thompson, 2015). Este problema está altamente subestimado, ya que la mayoría de las víctimas del consumo de productos plásticos morirán y se irán al fondo oceánico o serán devorados por depredadores, sin dejar evidencia de este efecto. Estos datos deben ser

actualizados prácticamente día a día, ya que nuevos estudios nos revelan hechos y efectos hasta ahora desconocidos.

Según Kanehiro *et al.* (1995) el microplástico constituye entre el 80 al 85% de los fondos marinos en la bahía de Tokio, una cifra impresionante teniendo en cuenta que la mayoría de los desechos plásticos son flotantes. La acumulación de tales residuos puede inhibir el intercambio de gases entre las aguas sobrenadantes y los sedimentos, y la hipoxia o anoxia resultante en los bentos puede interferir con el funcionamiento normal del ecosistema.

### Enredos con restos de plástico

Los enredos con restos plásticos, en especial con equipos de pesca descartados, es una amenaza muy seria para los animales marinos. De acuerdo con Schrey y Vauk (1987) los enredos son responsables del 13 al 29 % de las muertes del alcatraz *Sula bassana* en Helgoland, Alemania. Los enredos también afectan la supervivencia

de las tortugas marinas, pero en particular es un serio problema para las focas y lobos marinos. Estos se suelen acercar a los plásticos flotantes por curiosidad y se enredan con estos artículos, muchas veces por el cuello. Al crecer, este collar se fija más y más al organismo, y bloquea el flujo de aire y sangre, dificulta la deglución y termina resultando en la muerte del animal. Irónicamente, una vez que el animal ha muerto y se ha descompuesto, el lazo que le causó la muerte queda libre y puede aprisionar a otra víctima (Mattlin y Cawthorn, 1986; DOC, 1990). El enredo causa al animal la pérdida o disminución de sus habilidades (para cazar sus presas o evadir a sus depredadores; Laist, 1997), o reducir su “ajuste” al medio (Figura 2), con lo cual consume mucha más energía en sus traslados (Feldkamp *et al.*, 1989).

### Ingestión de plásticos

Dos estudios, uno realizado en las costas de Carolina del Norte y otro en el Pacífico Norte (EE.UU.) mostraron que más de la mitad de las



Figura 2. Un ejemplo de pérdida de “ajuste al medio”. Tomado de: <http://needhamgreenrangers.blogspot.com.ar/2013/04/litter-last-week-we-talked-about-litter.html> (2015).

Figure 2. An example of loss of “adjustment to the environment”. Taken from: <http://needhamgreenrangers.blogspot.com.ar/2013/04/litter-last-week-we-talked-about-litter.html> (2015).



especies de aves marinas tenían partículas de plástico en sus estómagos. Los autores obtuvieron evidencias de que las aves marinas seleccionan formas y colores específicos del plástico, porque los confunden con sus potenciales presas (Moser y Lee, 1992; Shaw y Day, 1994).

Carpenter *et al.* (1972) examinaron varias especies de peces con desechos plásticos en sus entrañas y encontraron esférulas de plástico solamente blancas, lo que indica que se alimentan de manera selectiva. Por ejemplo, los que se alimentan de plancton son más propensos a confundir gránulos de plástico con sus presas que los piscívoros (los que comen peces), por lo tanto, los primeros tienen una mayor incidencia de plásticos en sus contenidos estomacales (Azzarello y Van-Vleet, 1987).

Entre las aves marinas la ingestión de plásticos se correlaciona directamente con estrategias de forrajeo, la técnica y la dieta (Azzarello y Van-Vleet, 1987; Moser y Lee, 1992; Laist, 1997). Investigadores uruguayos estudiaron la ingestión de plásticos en albatros del Atlántico Sudoccidental. Los restos plásticos fueron más frecuentes en las especies de *Diomedea* (25%), y en particular en *D. sanfordi* (casi 39%), mientras que en *Thalassarche* fueron muy bajas (2%). Esto podría deberse a las diferencias en el comportamiento alimentario (Jiménez *et al.*, 2015).

Connors y Smith (1982) indican que la ingestión de partículas de plástico obstaculiza la formación de depósitos de grasa en la migración de los falaropos rojos (*Phalaropus fulicarius*), afectando negativamente los vuelos de larga distancia y, posiblemente, su esfuerzo reproductivo en los campos de anidada (ver también Spear *et al.* (1995) para aves marinas en el Pacífico tropical).

Otros efectos dañinos de la ingestión de plásticos incluyen el bloqueo de la secreción de enzimas gástricas, estímulo de alimentación disminuida, disminución de los niveles de hormonas esteroides, retraso de la ovulación y el fracaso reproductivo (Azzarello y Van-Vleet, 1987). La ingestión de desechos de plástico por pequeños

peces y aves marinas, por ejemplo, puede reducir la absorción de alimentos, causar lesión interna y la muerte después de la obstrucción del tracto intestinal (Carpenter *et al.*, 1972; Zitko y Hanlon, 1991). La extensión del daño, sin embargo, puede variar entre las especies. Los Procellariiformes (albatros) por ejemplo, son más vulnerables debido a su incapacidad para regurgitar plásticos ingeridos (Furness, 1985; Azzarello y Van-Vleet, 1987). Otros observaron que los adultos que regurgitan partículas de plástico podrían pasarlos a los polluelos durante la alimentación. Los polluelos de albatros Laysan (*Phoebastria immutabilis*) en las islas de Hawai, por ejemplo, no pueden regurgitar tales materiales que se acumulan en sus estómagos, convirtiéndose en una fuente importante de mortalidad, dado que el 90% de los polluelos tenía algún tipo de desechos plásticos en su tracto gastrointestinal superior. Incluso las aves marinas antárticas y subantárticas son sometidas a este peligro (Slip *et al.*, 1990).

El daño causado por la ingestión de plásticos, sin embargo, no se limita a las aves marinas. Bolsas de polietileno a la deriva en las corrientes oceánicas se parecen mucho a las presas de las tortugas (que se alimentan de plancton gelatinoso, como las medusas) (Mattlin y Cawthorn, 1986; Bugoni *et al.*, 2001). Hay pruebas de que su supervivencia está siendo obstaculizada por desechos plásticos (Duguy *et al.*, 1998), siendo las jóvenes tortugas marinas particularmente vulnerables.

Carman *et al.* (2013) mostraron para la Bahía Samborombón una superposición de las áreas de forrajeo, donde las tortugas se alimentan en el área de máxima abundancia de desechos plásticos flotantes, sugiriendo que el consumo es debido en parte a la ingesta accidental. La tortuga *Chelonia mydas* además se alimenta preferentemente de plancton gelatinoso, y muchos desechos plásticos flotantes se parecen a su alimento (Carman *et al.*, 2015). Esta situación es doblemente preocupante, ya que la bahía es un área de conservación de tortugas jóvenes.

Los contenidos de esófago y estómago fueron examinados de 38 especímenes de la tortuga verde (*C. mydas*, una especie en peligro) en el sur de Brasil, 23 de los cuales (60,5%) habían ingerido restos antropogénicos, principalmente plásticos (Bugoni *et al.*, 2001). El 56% de las *C. mydas* en la Florida tenían restos antropogénicos en sus tractos digestivos (Bjørndal *et al.*, 1994). Tomas *et al.* (2002) encontraron que el 75,9% de las tortugas *C. caretta* capturadas por los pescadores tenía restos de plástico en sus tractos digestivos.

Al menos 26 especies de cetáceos se han documentado por ingerir desechos plásticos (Baird y Hooker, 2000). Una joven ballena (*Kogia breviceps*) que había varado en Texas, EEUU, murió en un tanque de retención 11 días después (Tarpley y Marwitz, 1993). La necropsia mostró que los dos primeros compartimentos del estómago estaban completamente ocluidos por desechos plásticos. La muerte de un manatí antillano (*Trichechus manatus*) en 1985, aparentemente fue causada por un gran trozo de plástico que bloqueaba su tracto digestivo (Laist, 1987). Secchi y Zarzur (1999) hallaron que la muerte de una ballena picuda (*Mesoplodon densirostris*) en Brasil había ocurrido por un conjunto de hilos de plástico que se encontraron en el estómago de los animales. Coleman y Wehle (1984) y Baird y Hooker (2000) citan otros cetáceos que han sido reportados con plásticos ingeridos, como la orca (*Orcinus orca*). En la Argentina, el 38% de los delfines *Pontoporia blainvillei* (franciscana) presentaron restos plásticos en sus estómagos. La ingestión fue más frecuente en el ambiente estuarial que en mar abierto. El 64% del plástico ingerido fueron bolsas y embalajes, mientras que el 35% fueron artículos de pesca (redes, líneas monofilamentos y sogas). La ingestión alcanza valores máximos en delfines recién destetados (Denuncio *et al.*, 2011).

El microplástico está disponible para cada nivel trófico en el mar, desde los productores primarios hasta los niveles más altos de la cadena alimentaria (Oliveira *et al.*, 2012; Wright *et al.*,

2013). Individuos que ingieren microplástico pueden sufrir daño físico, como bloqueo estomacal e intestinal o abrasión.

### Corales

Los corales son no-selectivos en su alimentación y están en peligro de ingerir fragmentos microscópicos de plástico como el poliestireno y el polietileno. En un estudio experimental pequeñas cantidades de microplástico fueron halladas en corales de la Gran Barrera. Los plásticos se encontraron dentro de los pólipos coralinos envueltos por los tejidos digestivos y se cree que esta situación impediría que estos organismos puedan digerir normalmente sus alimentos (Hall *et al.*, 2015).

### Mejillones y cangrejos

Farrel y Nelson (2013) investigaron la transferencia trófica de microplásticos de mejillones *Mytilus edulis platensis* para los cangrejos *Carcinus maenas*. Después de exponer los mejillones a microesferas de poliestireno, se alimentaron a los cangrejos con los mejillones. Las microesferas fueron encontradas en los estómagos, los ovarios, las branquias y la hemolinfa (la sangre de los crustáceos). La transferencia trófica de microplásticos de mejillones para cangrejos se demostró y aumentó la preocupación sobre el potencial de los microplásticos para alcanzar los niveles tróficos superiores y para la salud de los animales y los seres humanos.

### Caracoles

La forma más común de basura desechada por las personas en todo el mundo es la colilla de cigarrillo, con más de 4,5 trillones desechados anualmente. Las colillas están elaboradas con acetato de celulosa, un termoplástico duro y brillante, que es resistente y tiene estabilidad frente a los rayos UV y resistencia química.

En las zonas urbanas, las colillas de cigarrillos son los artículos de basura desechados más comunes y a menudo caen en pozas de marea. En Sidney, Australia, en un experimento de laboratorio, los caracoles se expusieron a diversas concentraciones de lixiviado de colillas. La mortalidad fue muy alta, con las tres especies estudiadas, con una mortalidad del 100% en la concentración de lixiviados completo (5 colillas por litro y 2 h en remojo) después de 8 días. Sin embargo, *Austrocochlea porcata* mostró mayor mortalidad que las otras dos especies a concentraciones más bajas (10, 25%). Además se observaron efectos subletales sobre la actividad de los caracoles. Mientras que los problemas de salud humanos predominan con respecto al consumo de tabaco, se muestra un fuerte efecto letal y subletal de colillas desechadas en los organismos intermareales, a través de modificaciones del comportamiento (Booth *et al.*, 2015).

### Gusanos

El poliqueto *Arenicola marina* es un alimentador de depósito (se alimenta del sedimento) y fue mantenido experimentalmente en sedimentos con una densidad de gránulos microscópicos de policloruro de vinilo (PVC) igual a la del medio, y sus reservas energéticas cayeron al 50% (Wright *et al.*, 2015). En algunas playas muy contaminadas, el microplástico constituye hasta el 3% del peso del sedimento.

### Peces

En el canal de Bristol en el verano de 1973, el 21% de los lenguados (*Platichthys flesus*) se encontró que contenían esférulas de poliestireno (Kartar *et al.*, 1976). El mismo estudio encontró que, en algunas zonas, el 25% de los peces *Liparis liparis* fueron muy contaminados por tales desechos. En la costa de Nueva Inglaterra, el mismo tipo de esférulas se encontraron en 8 de 14 especies de peces examinados, y en algunas espe-

cies estaban contaminados el 33% de los individuos (Carpenter *et al.*, 1972).

En el Mar Mediterráneo un estudio muestra, por primera vez, la presencia de desechos plásticos en el contenido estomacal de grandes peces pelágicos (el pez espada *Xiphias gladius*, el atún rojo *Thunnus thynnus* y el atún blanco *Thunnus alalunga*) capturados entre 2012 y 2013. Los resultados destacan la ingestión de plásticos en el 18,2% de las muestras. Los plásticos ingerido eran microplásticos (< 5 mm), mesoplásticos (5-25 mm) y macroplásticos (> 25 mm) (Romero *et al.*, 2015).

### Toxicología y plásticos

La ingestión de microplásticos es vista como uno de los principales temas globales emergentes (Sutherland *et al.*, 2010; UNEP, 2011). En los últimos 20 años, los bifenilos policlorados (PCBs por sus siglas en inglés) han polucionado las cadenas alimentarias del mar, y son prevalentes en las aves marinas. Aunque los PCBs puedan no tener efectos evidentes, llevan inevitablemente a desordenes reproductivos, alteran los niveles hormonales, incrementan el riesgo de muerte y eventualmente conducen a la muerte (Ryan, 1990; Lee *et al.*, 2001). Estos químicos tienen efectos perjudiciales en los organismos marinos (Teuten *et al.*, 2009; Rochman *et al.*, 2013), aun en niveles y concentraciones muy bajos, y los *pellets* plásticos pueden ser una vía de ingreso de los PBCs a las cadenas alimentarias (Carpenter y Smith, 1972; Carpenter *et al.*, 1972; Zitko y Hanlon, 1991; Mato *et al.*, 2001). Ryan (1990) estudió unos petreles (*Puffinus gravis*), y obtuvo evidencias que el PCB presente en los tejidos provenía de los plásticos ingeridos. Bjorndal *et al.* (1994) trabajaron con tortugas marinas y llegaron a una conclusión similar, y que la absorción de toxinas tiene un efecto subletal aun desconocido, pero potencialmente muy negativo en las poblaciones.

Hasta la fecha, los estudios sobre los efectos toxicológicos perjudiciales asociados con la

ingestión son limitados. Ryan (1990) identificó una correlación positiva entre la cantidad de bifenilos policlorados (PCB), DDT, y dieldrina en el tejido graso y los huevos de cría hembra de los petreles pardelas (*Procellariidae*), lo que sugiere que hay efectos toxicológicos, y que estos podrían ser pasados a la descendencia y por lo tanto puede ser de gran alcance.

El pequeño tamaño de microplásticos significa que tienen una relación superficie/volumen grande, y por consiguiente la capacidad de facilitar el transporte de contaminantes. Esto se aplica tanto a los incorporados en el plástico como parte del proceso de la fabricación como monómeros, oligómeros, bisfenol-A, plastificantes de ftalato, retardantes de llama y antimicrobianos (Lithner *et al.*, 2011), y aquellos adsorbido tales como sustancias bioacumulativas y tóxicas presente en los océanos de otras fuentes (Mato *et al.*, 2001; Teuten *et al.*, 2009; Rochman *et al.*, 2013). Está claro que existe el potencial para la transferencia de contaminantes del plástico al organismo una vez ingerido (Teuten *et al.*, 2007, 2009). Aun no es conocido en qué medida la transferencia de sustancias tóxicas para los organismos es facilitada por partículas de microplástico, ni las consecuencias de esta transferencia, ni la importancia de esta vía en relación con otros caminos o vía de entrada (Teuten *et al.*, 2009; Cole *et al.*, 2011). Además de los efectos toxicológicos, recientes experimentos de laboratorio indican que la ingestión de microplástico tiene el potencial de afectar (físicamente) la asimilación de los alimentos (Wright *et al.*, 2013).

Las microfibras del polietileno y el polipropileno, los plásticos más ampliamente producidos, acumulan aproximadamente diez veces más contaminantes que otros tipos de microplástico. Las fibras de microplástico presentan propiedades similares a esponjas (pueden concentrar contaminantes hasta un millón de veces su concentración en el agua de mar; Takada, 2013), lo cual hace que su amplia distribución sea especialmente preocupante. Su estimación más reciente es de 35.500 t anuales. Parece muy poco, y probable-

mente la fracción faltante esté distribuida ampliamente en playas, fondos marinos y oceánicos y dentro de organismos (Katsnelson, 2015).

La Unión Europea y La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. hicieron un listado de productos químicos que son considerados contaminantes prioritarios. Esto es debido a que son persistentes, bioacumulativos y/o tóxicos. Estos contaminantes son productos derivados de la fabricación del plástico y de la absorción de contaminantes químicos presentes en el medio ambiente marino que, en palabras de Rochman (2015) “forman un cóctel” de imprevisibles consecuencias para la vida marina. De hecho, de los productos químicos incluidos como contaminantes prioritarios, el 78% están asociados con desechos plásticos marinos (Rochman *et al.*, 2013).

### **Limpiadores plásticos**

En la tecnología de limpieza por chorro de aire, se utilizan partículas de polietileno (como abrasivos) para quitar la pintura de las superficies metálicas y para la limpieza de las piezas del motor, y puede ser reciclado hasta diez veces antes de que tengan que ser descartados, a veces significativamente contaminado por metales pesados. Una vez descartados entran a los sistemas pluviales o sanitarios, y aunque algunos pueden ser atrapados durante el tratamiento de aguas residuales, la mayor parte se descargan en las aguas marinas; y mientras flotan, se concentran en las aguas de superficie y se dispersan por las corrientes (Gregory, 1996).

---

## **EL PLÁSTICO EN EL CONO SUR**

---

### **Chile**

El proyecto de ciencia ciudadana “Muestreo nacional de desechos pequeños de plástico” fue apoyado por los escolares de todo Chile que documentaron la distribución y abundancia de peque-



ños desechos de plástico en las playas chilenas. Casi 1.000 estudiantes de 39 escuelas de Chile continental y de la Isla de Pascua participaron en la actividad. La abundancia media obtenida fue de 27 pequeñas piezas de plástico por m<sup>2</sup> para la costa continental de Chile, pero las muestras de la Isla de Pascua tuvieron abundancias extraordinariamente altas (> 800 artículos por m<sup>2</sup>). La abundancia de pequeños desechos plásticos en la costa continental podría estar asociada con los centros urbanos costeros y sus actividades económicas. La gran abundancia que se encuentra en la Isla de Pascua se explica principalmente por el transporte de desechos de plástico a través de las corrientes superficiales en el Giro Subtropical del Pacífico Sur (Hidalgo-Ruz y Thiel, 2013).

Rech *et al.* (2014) estudiaron la basura flotante transportada por cuatro ríos de Chile central, uno de ellos atraviesa la capital, Santiago. La gran mayoría de los desechos fueron plásticos atribuibles a las actividades humanas. Este material termina depositándose en la desembocadura, pero disminuye con la distancia a la boca. También se encontraron más desechos hacia el norte, posiblemente por el efecto de la corriente que corre en esta dirección.

## Brasil

En el Océano Atlántico Sur, los gránulos de plástico han estado presentes en las costas continentales durante muchos años (Ivar do Sul y Costa, 2014). La aparición de fragmentos de plástico fue documentada en los últimos tres decenios, pero no de forma sistemática. Los estudios generalmente se relacionaron con las categorías de macroplásticos. Actualmente, la investigación se centra en los microplásticos (Ivar do Sul *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2010; Fisner *et al.*, 2013). Microplásticos (en su mayoría fragmentos duros) se reportaron en las playas del archipiélago de Fernando de Noronha (3° S, 32° W). Gránulos de plástico vírgenes sólo han sido vistos en las playas de barlovento, que destaca sus orígenes oceá-

nicos. Los microplásticos suponen un grave riesgo para la biota que migra y para la residente y, especialmente para las especies endémicas (Ivar do Sul *et al.*, 2009).

En la playa Boa Viagem (8° S), un importante destino turístico de la región, se hallaron microplásticos de origen primario y secundario (Costa *et al.*, 2010). Los autores hicieron hincapié en que los servicios de limpieza de playas no pueden limpiar esta categoría de tamaño (son demasiado pequeños para verlos, y prácticamente imposibles de recogerlos). Por lo tanto, el único método de reducción consiste en reducir la cantidad de microplásticos que entran en el medio marino y costero.

En el estuario de Paranaguá (SE Brasil), ambiente declarado Patrimonio Natural de la Humanidad, se hicieron 432 muestreos con redes de arrastre durante 12 meses, se identificaron 291 artículos desechos marinos; de los cuales la mayor parte (92%) eran de plástico y específicamente bolsas de compras, envases de alimentos, envolturas de dulces y tazas, típicamente de más de 21 mm de largo. Los sectores más contaminados eran los más cercanos a la ciudad de Paranaguá y al puerto adyacente, y tenían hasta  $23,37 \pm 3,22$  piezas por hectárea (Possatto *et al.*, 2015).

## Uruguay

En este país las distancias entre los vertederos (basurales a cielo abierto) y los ríos son cortas. Además las costas uruguayas se ven perjudicadas por estar bañadas por dos grandes ríos, el Uruguay y el Río de la Plata, los cuales poseen una enorme cuenca de drenaje. Esta es la principal fuente terrestre de plástico contaminante de las aguas costeras identificada por los investigadores uruguayos (Lozoya *et al.*, 2015). Otra de las fuentes de contaminación por plástico es la industria naval. Por seguimiento satelital se calcula en un promedio mensual de más de 1.100 buques frente a las costas de Uruguay, de los cuales los barcos de carga representaron el 76,7% y los pesqueros

comerciales el 8,2%. Esto es debido a que es la vía de acceso al sistema fluvial (hidrovía) que conecta con la cuenca amazónica, por lo que el puerto de Montevideo es uno de los centros de carga y transporte más grandes del Mercosur.

Aunque Uruguay tiene una legislación moderna sobre plásticos, sigue siendo necesario hacer cumplir la correcta gestión de residuos. Para ello también es necesaria la educación y la concienciación de los usuarios, así como planes integrados de manejo, destacan Lozoya *et al.* (2015).

## Argentina

La Argentina está entre los 30 países que más contaminan los mares con residuos plásticos. Lo advierte el primer estudio que cuantificó la cantidad mundial de desechos que llegan a los mares anualmente. En el primer lugar del ranking se encuentra China, seguida por Indonesia, Filipinas y Vietnam. Brasil se encuentra en el puesto 16, Estados Unidos en el 20 y la Argentina en el 28. El estudio también reveló que en la Argentina se generaron 157.777 t de basura plástica solo en el año 2010 por mal manejo, y pronosticó que esa cantidad casi se duplicará en 10 años si todo sigue igual (Jambeck *et al.*, 2015).

El Río de la Plata, uno de los más importantes ambientes estuariales de América del Sur, se caracteriza por un frente de salinidad de fondo que genera un ecotono entre el río y el estuario. Sobre la base de arrastres con redes de arrastre de fondo (con mallas de entre 100 y 200 mm de abertura) y muestreos costeros se determinaron la distribución, tipos y cantidad de desechos que se encuentran en el fondo y en la costa a través de este frente. Plásticos y bolsas de plástico fueron la principal tipos de basura en ambas áreas. Las concentraciones de los residuos totales río arriba del frente salino siempre fueron significativamente más altas que río abajo, mostrando que el frente salino actúa como una barrera y facilita la acumulación de basura y restos. Además, una gran parte de los desechos finales se acumula en la zona lito-

ral, río arriba del frente. Esta zona es especialmente sensible debido a que la línea de costa abarca una Reserva del Hombre y la Biosfera de la UNESCO y un sitio Ramsar, y que tienen esta categoría por ser de gran importancia ecológica para muchas especies valiosas (Acha *et al.*, 2003). Se destaca que el método de colecta utilizó redes de gran abertura de malla (para peces), por lo cual la presencia y densidad de plásticos ha sido muy subestimada. Coincidentemente, este frente salino que concentra los plásticos, es también el lugar donde muchas especies van en procura de alimentos. Este es el caso de la tortuga verde (*C. mydas*) que ingiere estos desechos al parecer accidentalmente, debido a su gran abundancia (Carman *et al.*, 2014). Conclusiones similares encontraron los investigadores uruguayos más recientemente en sus estudios del Río de la Plata (Lozoya *et al.*, 2015).

Por otra parte, en las costas de la Argentina se realizaron dos relevamientos de basura en las costas, llevados a cabo por 3.000 voluntarios en 1995 y 2007. El análisis de los plásticos mostró valores variables por provincias y entre años (Tabla 1).

Los autores señalan que del total de residuos

Tabla 1. Densidad de plásticos por kilómetro en las costas de distintas provincias de la Argentina. Resumen de los dos censos de contaminación costera (Esteves *et al.*, 1997; Colombini *et al.*, 2008).

Table 1. Plastic density per kilometer in the coasts of different provinces of Argentina. Summary of the two coastal pollution census (Esteves *et al.*, 1997; Colombini *et al.*, 2008).

| Provincia        | Densidad de plásticos km <sup>-1</sup> |          |
|------------------|--|----------|
|                  | Año 1995                               | Año 2007 |
| Buenos Aires     | 6-388                                  | 108      |
| Río Negro        | Hasta 75                               | 134      |
| Chubut           | 73-198                                 | 121      |
| Santa Cruz       | 50-59                                  | 69       |
| Tierra del Fuego | 5-24                                   | 136      |

sólidos recolectados los plásticos fueron entre el 56 y el 74%, siendo los residuos más comunes las bolsas y luego las botellas (80% del total). Estos residuos se corresponden mayormente con desechos de áreas urbanas (75%) y a desechos de pesca (25%). En algunas localidades (Península Valdés) esta proporción puede ser de 50/50. El estudio destaca que la situación general ha empeorado desde el primer censo al segundo (Esteves *et al.*, 1997; Colombini *et al.*, 2008).

### Mar del Plata

La zona frente a Playa Varese (playa céntrica) registró 427,9 artículos por 1.000 m<sup>2</sup> (88,9%) mientras que la zona sur, frente a Punta Mogotes, 52,96 artículos por 1.000 m<sup>2</sup> (11,01%). El peso total de la basura fue 893,29 g por 1.000 m<sup>2</sup>. Plásticos y celofán fueron las categorías más abundantes (43,8 y 23,5% respectivamente) y latas de bebidas y otros mostraron los valores más bajos (0,87 y 1,63%). Entre los plásticos, destacan las colillas de cigarrillos, a veces más abundantes que los organismos del fondo marino. La zona sur no mostró aumento de basura durante febrero,

descartando las actividades recreativas de las playas como fuente de desechos. Los sitios de Varese por otra parte, sí mostraron un aumento de basura durante febrero, y en los meses más lluviosos, en la que febrero está incluido. Sería indicativo de que la mayoría de los residuos acumulados en el litoral costero de la zona norte de Mar del Plata provienen de la tierra (Figura 3), y que llega al mar a través del drenaje pluvial, que colecta residuos de uno de los barrios más densamente poblados (Giangiobbe *et al.*, 2012).

Lucero (2011) señala que la presencia de los residuos respondería en general a las características socio-ambientales particulares de los alrededores donde se encuentra cada una de las playas y no a actividades recreativas llevadas a cabo en las mismas. Las playas Alfonsina y Estrada están ubicadas dentro del núcleo urbano y presentan la mayor densidad de residuos plásticos, así como dos vertidos pluviales. Otras playas, como La Serena, La Reserva y Chapadmalal presentaron pocos restos plásticos.

Recientemente Denuncio y Bastida (2014) relevaron los desechos en una de las playas con más



Figura 3. Plásticos en playas de Mar del Plata (foto: Nora Montoya, 28 de junio 2015).

Figure 3. Plastics in beaches of Mar del Plata (picture by Nora Montoya, June 28<sup>th</sup> 2015).

densidad de veraneantes de Mar del Plata, Playa Grande. El estudio revela que los desechos enterrados son más abundantes (65%) que los superficiales (35%), mostrando una realidad diferente a lo observada. Los restos plásticos son los más frecuentes, encabezados por las colillas de cigarrillos y los restos de embalajes y de actividades recreativas.

Seco Pon *et al.* (2015) estudiaron la abundancia y la masa de la basura superficial y enterrada de dos localidades turísticas con densidades notoriamente diferentes, Mar del Plata y Mar Chiquita. La composición fue homogénea en cada sitio siendo significativamente mayor en Mar del Plata ( $n = 6.367$ ; 7.073,5 g) en comparación con Mar Chiquita ( $n = 1.027$ ; 1.089 g); a su vez ambos parámetros fueron mayores en los niveles superior ( $n = 3.409$ ; 3.070,5 g) y medio ( $n = 3.869$ ; 4.082 g) con respecto al nivel inferior ( $n = 116$ ; 1.010 g), y en el estrato superficial ( $n = 5.969$ ; 7.428,5 g) con respecto al estrato enterrado ( $n = 1.425$ ; 734 g) (ambos sitios combinados). En Mar del Plata el 92% de la basura superficial estuvo compuesto por colillas de cigarrillos ( $n = 3.847$ ; 840 g) y plásticos ( $n = 1.783$ ; 3.178,5 g), mientras que en Mar Chiquita el 97% incluyó plásticos ( $n = 704$ ; 946,5 g) y en menor medida colillas de cigarrillos ( $n = 291$ ; 66 g).

---

## EL FUTURO DEL PLÁSTICO

---

En 1972, dos investigadores de EE.UU. (J. B. Colton del National Marine Fisheries Service en Rhode Island, y E. J. Carpenter de Woods Hole) publicaron un artículo especulativo donde predijeron que los plásticos iban a convertirse en un problema en el futuro. Ellos jamás imaginaron cuan acertados estaban. Las últimas impresoras laser, que usan plástico como “tinta”, garantizan un uso ampliado de estos polímeros para la creación de objetos en tres dimensiones. En muy poco tiempo lo que se podrá imprimir o fabricar de esta

forma estará limitado solo por la imaginación.

Una empresa en Japón fabrica diferentes unidades que pueden procesar el plástico, con modelos hogareños y también industriales. Estos hornos pueden procesar polietileno de alta y baja densidad, poliestireno y polipropileno (no se puede con la típica botella de agua hecha de tereftalato de polietileno, PET). El proceso, llamado pirolisis, utiliza los residuos plásticos que se licuan por calentamiento en un cilindro de metal cerrado y en ausencia de oxígeno.

La clasificación y limpieza siguen siendo los mayores impedimentos para reciclar residuos plásticos. Una conclusión evidente es que los plásticos deben estar diseñados y construidos para facilitar el reciclaje, a la vez que debe existir la infraestructura de recogida que reduzca al mínimo la pérdida de estos materiales para el medio ambiente (Moore, 2015). Esto no significa que debamos desechar el plástico como producto de nuestras vidas. Debemos repensarlo. La humanidad debe pensar en el plástico como un artículo que favorezca sus vidas, sin condenar a una contaminación sin retorno de nuestro planeta.

Como señalan Andrady y Neal (2009) los plásticos ya están convirtiéndose en “inteligentes” y probablemente tendrán numerosos e importante papeles en la vida futura, incluyendo la elaboración de tejido humano o incluso de órganos para trasplantes, materiales para coches y aviones ultraligeros de bajas emisiones, como mejor aislamiento para viviendas (con tecnología fotovoltaica basada en colectores de plástico), material electrónico reutilizable para medios gráficos como libros o revistas, envases inteligentes que supervisan el contenido de alimentos continuamente para detectar signos de deterioro. Como el petróleo se basa en reservas limitadas, nuevas variedades de plásticos es probable que se produzcan a partir de biomasa renovable. Cualquier escenario futuro donde los plásticos no jueguen un papel cada vez más importante en la vida humana, parece poco realista (véase también las discusiones en Thompson *et al.*, 2009).



## Plástico auto reparable

El vitremer es una combinación de las dos familias existentes de plásticos. Los termoplásticos son maleables cuando se calientan, pero quedan fijos de forma sólida cuando se enfrían y no se pueden reformar. Los termoestables son rígidos y conservan su forma aun cuando se calientan. El vitremer conserva su forma cuando se calienta, pero se puede reconstituir una infinidad de veces. Es la creación de Ludwik Leibler, un científico de materiales de la Escuela Superior de Física y de Química Industriales de París en 2015. Sus aplicaciones serán en el transporte, en los autos, en los aviones, en todos los procesos que necesiten de resistencia, para reparar e incrementar la durabilidad de tus objetos, dice Leibler. El científico describe el campo como una “joven familia” con aplicaciones casi ilimitadas, el cual podría volver obsoletos los plásticos existentes. Una posibilidad intrigante es el uso del vitremer para tratar lesiones y acelerar la curación (Diario Uno, 2015).

El Grupo de Expertos en Aspectos de la Polución Marina (GESAMP, 2015) realiza (además de una extensa y valiosa revisión del microplástico en los océanos) una serie de recomendaciones para mejorar la evaluación futura:

- Incluir nano-partículas en el rango de tamaño analizado.
- Evaluar la importancia potencial de los plásticos y microplásticos como un vector de contaminantes hacia los organismos.
- Abordar el riesgo químico que plantea la ingestión de microplásticos en mayor detalle.

Y también efectúa recomendaciones de acción:

- Identificar las principales fuentes y categorías de plásticos y microplásticos que entran en el océano.
- Utilizar el plástico que finalizó su vida útil como un recurso valioso en lugar de un producto de desecho.

- Promover una mayor conciencia del impacto de plásticos y microplásticos en el ambiente marino.

Se reconoce que las actitudes y el comportamiento de las personas contribuyen significativamente a la entrada de los plásticos en el océano. Cualquier solución a la reducción de estas fuentes debe tener en cuenta esta dimensión social. Esto es debido a que cualquier intento de imponer una regulación sin la comprensión y aprobación del público es poco probable que sea eficaz (GESAMP, 2015).

---

## AGRADECIMIENTOS

---

El autor desea expresar su agradecimiento a la Lic. Nora Montoya por la lectura crítica del manuscrito, y la fotografía. El Dr. Diego Giberto (CONICET-INIDEP) efectuó correcciones que mejoraron el trabajo, al igual que otro revisor anónimo.

---

## BIBLIOGRAFÍA

---

- ACHA, M.E., MIANZAN, H.W., IRIBARNE, O., GAGLIARDINI, D.A., LASTA, C. & DALEO, P. 2003. The role of the Rio de la Plata bottom salinity front in accumulating debris. *Mar. Pollut. Bull.*, 46: 197-202.
- ANDRADY, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 62 (8): 1596-1605.
- ANDRADY, A.L. & NEAL, M.A. 2009. Applications and societal benefits of plastics. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. (B Biol. Sci.)*, 364: 1977-1984.
- AZZARELLO, M.Y. & VAN-VLEET, E.S. 1987. Marine birds and plastic pollution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 37: 295-303.
- BARNES, D.K., GALGANI, F., THOMPSON, R.C. &

- BARLAZ, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. (B Biol. Sci.)*, 364: 1985-1998.
- BAIRD, R.W. & HOOKER, S.K. 2000. Ingestion of plastic and unusual prey by a juvenile Harbour Porpoise. *Mar. Pollut. Bull.*, 40: 719-720.
- BJORN DAL, K.A., BOLTEN, A.B. & LAGU EX, C.J. 1994. Ingestion of marine debris by juvenile turtles in coastal Florida habitats. *Mar. Pollut. Bull.* 28: 154-158.
- BOOTH, D.J., GRIBBEN, P. & PARKINSON, K. 2015. Impact of cigarette butt leachate on tidepool snails. *Mar. Pollut. Bull.*, 95: 362-364.
- BUGONI, L., KRAUSE, L. & PETRY, M.V. 2001. Marine debris and human impacts on sea turtles in Southern Brazil. *Mar. Pollut. Bull.*, 42 (12): 1330-1334.
- CARMAN, V.G., ACHA, E.M., MAXWELL, S.M., ALBAREDA, D., CAMPAGNA, C. & MIANZAN, H. 2013. Young green turtles, *Chelonia mydas*, exposed to plastic in a frontal area of the SW Atlantic. *Mar. Pollut. Bull.*, 78: 56-62.
- CARMAN, V.G., BOTTO, F., GAITÁN, E., ALBAREDA, D., CAMPAGNA, C. & MIANZAN, H. 2014. A jellyfish diet for the herbivorous green turtle *Chelonia mydas* in the temperate SW Atlantic. *Mar. Biol.*, 161: 339-349.
- CARPENTER, E.J. & SMITH, K. 1972. Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*, 175 (4027): 1240-1241.
- CARPENTER, E.J., ANDERSON, S.T., HARVEY, G.R. & MIKLAS, H.P. 1972. Polystyrene spherules in coastal water. *Science*, 178: 749-750.
- CAULTON, E. & MACOGNI, M. 1987. Preliminary studies of man-made litter in the Firth of Forth, Scotland. *Mar. Pollut. Bull.*, 18: 446-450.
- CAWTHORN, M. 1989. Impacts of marine debris on wildlife in New Zealand coastal waters. *Proceedings of Marine Debris in New Zealand's Coastal Waters Workshop*, Wellington: 5-6.
- CHAPMAN, P.M. 2007. Determining when contamination is pollution - weight of evidence determinations for sediments and effluents. *Environ. Int.*, 33 (4): 492-501.
- COLE, M., LINDEQUE, P., HALSBAND, C. & GALLOWAY, T.S. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar. Pollut. Bull.*, 62: 2588-2597.
- COLEMAN, F.C. & WEHLE, D.H.S. 1984. Plastic pollution: a worldwide problem. *Parks*, 9: 9-12.
- COLOMBINI, M., ALDERETE, S., MUSMECI, J.M., CAILLE, G., HARRIS, G. & ESTEVES, J.L. 2008. Segundo censo de contaminación costera de la República Argentina. *Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica*, Fundación Patagonia Natural (Puerto Madryn), 7: 1-74.
- CONNORS, P.J. & SMITH, K.G. 1982. Oceanic plastic particle pollution: suspected effect on fat deposition in Red Phalopes. *Mar. Pollut. Bull.*, 13: 18-20.
- COSTA, M.F., IVAR DO SUL, J.A., SANTOS-CAVALCANTI, J.S., ARAÚJO, M.C.B., SPENGLER, A. & TOURINHO, T.S. 2010. Small and microplastics on the strandline: snapshot of a Brazilian beach. *Environ. Monit. Assess.*, 168: 299-304.
- DENUNCIO, P. & BASTIDA, R. 2014. Composition, distribution and waste management of Playa Grande, the most important touristic beach of Mar del Plata city, Argentina. *Waste Manag.*, 34: 837-841.
- DENUNCIO, P., BASTIDA, R., DASSIS, M., GIARDINO, G., GERPE, M. & RODRÍGUEZ, D. 2011. Plastic ingestion in Franciscana dolphins, *Pontoporia blainvillei* (Gervais and d'Orbigny, 1844), from Argentina. *Mar. Pollut. Bull.*, 62: 1836-1841.
- DERRAIK, J.G.B. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar. Pollut. Bull.*, 44: 842-852.
- DIARIO UNO. 2015. [web en línea]. Uno. <<http://www.diariouno.com.ar/tecnologia/Unplastico-autorreparable-para-celulares-20150626-0029.html>>.
- DOC (DEPARTMENT OF CONSERVATION). 1990.

- Marine Debris. Wellington, New Zealand.
- DUGUY, R., MORINIERE, P. & LEMILINAIRE, C. 1998. Factors of mortality of marine turtles in the Bay of Biscay. *Oceanol. Acta*, 21: 383-388.
- ENGLER, R.E. 2012. The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean. *Environ. Sci. Tech.*, 46: 12302-12315.
- ESTEVEZ, J.L., HARRIS, G., MUSMECI, J.M., PALLA, J. & SÁNCHEZ, J.P. 1997. Primer censo de contaminación costera de la República Argentina. Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica, Fundación Patagonia Natural (Puerto Madryn), 41: 1-24.
- FARRELL, P. & NELSON, K. 2013. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environ. Pollut.*, 177: 1-3.
- FELDKAMP, S., COSTA, D. & DEKREY, G.K. 1989. Energetics and behavioural effects of net entanglement on juvenile northern fur seals *Callorhinus ursinus*. *Fisher. Bull.*, 87: 85-94.
- FENDALL, L.S. & SEWELL, M.A. 2009. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Mar. Pollut. Bull.*, 58: 1225-1228.
- FISNER, M., TANIGUCHI, S., FABIANA MOREIRA, F., BÍCEGO, M.C. & TURRA, A. 2013. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in plastic pellets: Variability in the concentration and composition at different sediment depths in a sandy beach. *Mar. Pollut. Bull.*, 70: 219-226.
- FURNESS, R.W. 1985. Plastic particle pollution: accumulation by Procellariiform seabirds at Scottish colonies. *Mar. Pollut. Bull.*, 16: 103-106.
- GALL, S.C. & THOMPSON, R.C. 2015. The impact of debris on marine life. *Mar. Pollut. Bull.*, 92: 170-179.
- GARRITY, S.D. & LEVINGS, S.C. 1993. Marine debris along the Caribbean coast of Panama. *Mar. Pollut. Bull.*, 26: 317-324.
- GESAMP (JOINT GROUP OF EXPERTS ON THE SCIENTIFIC ASPECTS OF MARINE ENVIRONMENTAL PROTECTION) 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. Rep. Stud. GESAMP, 90, 96 pp.
- GIANGIOBBE, M.A., LUCERO, N.M., FERNANDEZ, C.R., SAUBIDET, A.A. & SCELZO, M.A. 2012. Primer registro de residuos antropogénicos sumergidos en fondos costeros de Mar del Plata (Buenos Aires, Argentina). *Rev. Argent. Ecotoxicol. Contamina. Ambient.*, 3 (1): 109-116.
- GOLDSTEIN, M.C., TITMUS A.J. & FORD M. 2013. Scales of Spatial Heterogeneity of Plastic Marine Debris in the Northeast Pacific Ocean. *PLoS ONE* 8 (11): e80020. doi:10.1371/journal.pone.0080020
- GREGORY, M.R. 1978. Accumulation and distribution of virgin plastic granules on New Zealand beaches. *N. Z. J. Mar. Freshw. Res.*, 12: 399-414.
- GREGORY, M.R. 1996. Plastic 'scrubbers' in hand cleansers: A further (and minor) source for marine pollution identified. *Mar. Pollut. Bull.*, 32 (12): 867-871.
- GREGORY, M.R. 2009. Environmental implications of plastic debris in marine settings-entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. (B Biol. Sci.)*, 364: 2013-2025.
- GREGORY, M. & RYAN, P.G. 1997. Pelagic plastics and other seaborne persistent synthetic debris: a review of Southern Hemisphere perspectives. En: Coe, J.M. & Rogers, D.B. (Eds.). *Marine debris: sources, impacts, and solutions*. Springer-Verlag, Nueva York: 49-66.
- HALL, N.M., BERRY, K.L.E., RINTOUL, L. & HOOGENBOOM, M.O. 2015. Microplastic ingestion by scleractinian corals. *J. Mar. Biol.*, 162: 725. doi:10.1007/s00227-015-2619-7
- HIDALGO-RUZ, V. & THIEL, M. 2013. Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): A study support-

- ted by a citizen science project. *Mar. Environ. Res.*, 87-88: 1-7.
- Hopewell, J., Dvorak, R. & Kosior, E. 2009. Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. (B Biol. Sci.)*, 364: 2115-2126.
- HORSMAN, P.V. 1982. The amount of garbage pollution from merchant ships. *Mar. Pollut. Bull.*, 13: 167-169.
- IVAR DO SUL, J.A. & COSTA, M.F. 2014. Review: The present and future of microplastic pollution in the marine Environment. *Environ. Pollut.*, 185: 352-364.
- IVAR DO SUL, J.A., SPENGLER, A. & COSTA, M. 2009. Here, there and everywhere. Small plastic fragments and pellets on beaches of Fernando de Noronha (Equatorial Western Atlantic). *Mar. Poll. Bull.*, 58: 1229-1244.
- JAMBECK, J.R., GEYER, R., WILCOX, C., SIEGLER, T.R., PERRYMAN, M., ANDRADY, A., NARAYAN, R. & LAW, K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347: 768-771.
- JIMÉNEZ, S., DOMINGO A., BRAZEIRO, A., DEFEO, O. & PHILLIPS, R.A. 2015. Marine debris ingestion by albatrosses in the southwest Atlantic Ocean. *Mar. Pollut. Bull.*, 96: 149-154.
- KANEHIRO, H., TOKAI, T. & MATUDA, K. 1995. Marine litter composition and distribution on the sea-bed of Tokyo Bay. *Fish. Eng.*, 31: 195-199.
- KARTAR, S., ABOU-SEEDO, F. & SAINSBURY, M. 1976. Polystyrene spherules in the Severn Estuary – a progress report. *Mar. Pollut. Bull.*, 7: 52.
- KATSNELSON, A. 2015. News Feature: Microplastics present pollution puzzle. *PNAS*, 112 (18): 5547-5549.
- LAIST, D.W. 1987. Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 18: 319-326.
- LAIST, D.W. 1997. Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. En: COE, J.M. & ROGERS, D.B. (Eds.). *Marine debris Sources, Impacts and Solutions*, Springer Series on Environmental Management. Springer Verlag, Nueva York: 99-140.
- LEE, K., TANABE, S. & KOH, C. 2001. Contamination of polychlorinated biphenyls (PCBs) in sediments from Kyeonggi Bay and nearby areas, Korea. *Mar. Pollut. Bull.*, 42: 273-279.
- LITHNER, D., LARSSON, A. & DAVE, G. 2011. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Sci. Total Environ.*, 409: 3309-3324.
- LOVEJOY, T.E. 1997. Biodiversity: what is it? En: REAKA-KUDLA, M.K., WILSON, D.E. & WILSON, O. (Eds.). *Biodiversity II: Understanding and Protecting our Biological Resources*. Joseph Henry Press, Washington: 7-14.
- LOZOYA, J.P., CARRANZA, A., LENZI, J., MACHÍN, E., TEIXEIRA DE MELLO, F., GONZÁLEZ, S., HERNÁNDEZ, D., LACEROT, G., MARTÍNEZ, G., SCARABINO, F., SCIANDRO, J., VÉLEZ-RUBIO, G., BURGUES, F., CARRIZO, D., CEDRÉS, F., CHOCCA, J., DE ÁLAVA, D., JIMÉNEZ, S., LEONI, V., LIMONGI, P., LÓPEZ, G., OLIVERA, Y., PEREIRA, M., RUBIO, L. & WEINSTEIN, F. 2015. Management and research on plastic debris in Uruguayan Aquatic Systems: update and perspectives. *Rev. Gest. Cost. Integr./J. Integr. Coast. Zone Manag.*, 15: 377-393.
- LUCERO, M.N. 2011. Estudio de los Residuos Antropogénicos Presentes en las Playas del Partido de General Pueyrredón. *Revista Tecnología y Ciencia*, 7: 71-74.
- MATO, Y., ISOBE, T., TAKADA, H., KANEHIRO, H., OHTAKE, C. & KAMINUMA, T. 2001. Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environ. Sci. Technol.*, 35 (2): 318-324.
- MATTLIN, R.H. & CAWTHORN, M.W. 1986. Marine debris-an international problem. *N. Z. Environ.*, 51: 3-6.



- MITCHELL, A. 2015. Thinking without the 'circle': Marine plastic and global ethics. *Political Geography*, 47: 77-85.
- MOORE, C.J. 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environ. Res.*, 108: 131-139.
- MOORE, C.J. 2015. How much plastic is in the ocean? You tell me! *Mar. Pollut. Bull.*, 92: 1-3.
- MORRITT, D., STEFANOUDIS, P.V., PEARCE, D., CRIMMEN, O.A. & CLARKET, P.F. 2014. Plastic in the Thames: A river runs through it. *Mar. Pollut. Bull.*, 78 (1-2): 196-200. doi:10.1016/j.marpolbul.2013.10.035
- MOSER, M.L. & LEE, D.S. 1992. A fourteen-year survey of plastic ingestion by western North Atlantic seabirds. *Colon. Waterbirds*, 15: 83-94. doi:10.2307/1521357
- OLIVEIRA, M., RIBEIRO, A. & GUILHERMINO, L. 2012. Effects of exposure to microplastics and PAHs on microalgae *Rhodomonas baltica* and *Tetraselmis chuii*. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.*, 163: 19-20.
- OSPAR. 2009. Marine litter in the North-East Atlantic Region: Assessment and priorities for response. Londres, 127 pp.
- PLASTICSEUROPE. 2012. *Plastics-the Facts 2012*. En: *An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data for 2011*, p. 36. [http://www.plasticseurope.org/documents/document/20121120170458-final\\_plasticsthefacts\\_nov2012\\_en\\_web\\_resolution.pdf](http://www.plasticseurope.org/documents/document/20121120170458-final_plasticsthefacts_nov2012_en_web_resolution.pdf).
- POSSATTO, F.E., SPACH, H.L., CATTANI, A.P., LAMOUR, M.R., SANTOS, L.O., CORDEIRO, N.M.A. & BROADHURST, M.K. 2015. Marine debris in a World Heritage Listed Brazilian estuary. *Mar. Pollut. Bull.*, 91: 548-553.
- RANDS, M.R.W., ADAMS, W.M., BENNUN, L., BUTCHART, S.H.M., CLEMENTS, A., COOMES, D., ENTWISTLE, A., HODGE, I., KAPOV, V., SCHARLEMANN JR., P.W. SUTHERLAND, W.J. & VIRA, B. 2010. Biodiversity conservation: challenges beyond 2010. *Science*, 329: 1298-1303.
- RECH, S., MACAYA-CAQUILPÁN, V., PANTOJA, J.F., RIVADENEIRA, M.M., JOFRE MADARIAGA, D. & THIEL, M. 2014. Rivers as a source of marine litter –a study from the SE Pacific. *Mar. Pollut. Bull.*, 82: 66-75.
- ROBARDS, M.D., GOULD, P. & PLATT, J. 1997. The highest global concentrations and increased abundance of oceanic plastic debris in the North Pacific: evidence from seabirds. En: COE, J. & ROGERS D. (Eds.). *Marine debris: sources, impact and solutions*. Springer, Nueva York: 71-80.
- ROCHMAN, C.M. 2015. The Complex Mixture, Fate and Toxicity of Chemicals Associated with Plastic Debris in the Marine Environment. En: BERGMANN, M., GUTOW, L. & KLAGES, M. (Eds.). *Marine Anthropogenic Litter*, Spinger, Berlin: 117-140. doi:10.1007/978-3-319-16510-3\_5
- ROCHMAN, C.M., HOH, E., KUROBE, T. & TEH, S.J. 2013. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scient. Rep.*, 3: 3263. doi:10.1038/srep03263
- ROMERO, T., BATAGLIA, P., PEDÁ, C., CONSOLI, P., ANDALORO, F. & FOSSI, M.C. 2015. First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Mar. Pollut. Bull.*, 95: 358-361.
- RYAN, P.G. 1990. The marine plastic debris problem off southern Africa: Types of debris, their environmental effects, and control measures. En: SHOMURA, R.S. & GODFREY, M.L. (Eds.). *Proceedings of the Second International Conference on Marine Debris*, Honolulu, Hawaii. Vol. 1. NOAA Technical Memorandum, NMFS-SWFSC (154): 85-102.
- RYAN, P.G., MOORE, C.J., VAN FRANKEKER, J.A. & MOLONEY, C.L. 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. (B Biol. Sci.)*, 364: 1999-2012.
- SCHREY, E. & VAUK, G.J.M. 1987. Records of entangled gannets (*Sula bassana*) at Helgoland, German Bight. *Mar. Pollut. Bull.*, 18, 350-352.

- SECCHI, E. & ZARZUR, S. 1999. Plastic debris ingested by a Blainville's beaked whale, *Mesoplodon densirostris*, washed ashore in Brazil. *Aquat. Mamm.*, 25, 21-24.
- SECO PON, J.P., ROSENTHAL, A.F. & BECHERUCCI, M.E. 2015. Variación espacial de la basura en playas arenosas del SE de la provincia de Buenos Aires, Argentina. En: IX Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar, Ushuaia, Argentina, Resúmenes: 310.
- SHAW, D.G. & DAY, R.H. 1994. Colour- and form-dependent loss of plastic microdebris from the North Pacific Ocean. *Mar. Pollut. Bull.*, 28: 39-43.
- SIVAN, A. 2011. New perspectives in plastic biodegradation. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 22 (3): 422-426.
- SLIP, D.J., GREEN, K. & WOehler, E.J. 1990. Ingestion of anthropogenic articles by seabirds at Macquarie Island. *Mar. Ornithol.*, 18, 74-77.
- SPEAR, L.B., AINLEY, D.G. & RIBIC, C.A. 1995. Incidence of plastic in seabirds from the tropical Pacific, 1984-91: Relation with distribution of species, sex, age, season, year and body weight. *Mar. Environ. Res.*, 40 (2): 123-146.
- STORRIER, K.L., MCGLASHAN, D.J., BONELLIE, S. & VELANDER, K. 2007. Beach litter deposition at a selection of beaches in the Firth of Clyde, Scotland. *J. Coast. Res.*, 23: 813-822.
- SUTHERLAND, W.J., CLOUT, M., CÔTÉ, I.M., DASZAK, P., DEPLEDGE, M.H., FELLMAN, L., FLEISHMAN, E., GARTHWAITE, R., GIBBONS, D.W., DE LURIO, J., IMPEY, A.J., LICKORISH, F., LINDENMAYER, D., MADGWICK, J., MARGERISON, C., MAYNARD, T., PECK, L.S., PRETTY, J., PRIOR, S., REDFORD, K.H., SCHARLEMANN, J.P.W., SPALDING, M. & WATKINSON, A.R. 2010. A horizon scan of global conservation issues for 2010. *Trends Ecol. Evol.*, 25: 1-7.
- TAKADA, S. 2013. International Pellet Watch studies of the magnitude and spatial variation of chemical risks associated with environmental plastics. En: GABRYS, J., HAWKINS, G. & MICHAEL, M. (Eds.). *Accumulation: The Material Politics of Plastic*. Routledge, Nueva York: 184-207.
- TARPLEY, R.J. & MARWITZ, S. 1993. Plastic debris ingestion by cetaceans along the Texas coast: two case reports. *Aquat. Mamm.*, 19, 93-98.
- TEUTEN, E.L., ROWLAND, S.J., GALLOWAY, T.S. & THOMPSON, R.C. 2007. Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. *Environ. Sci. Technol.*, 41: 7759. doi:10.1021/es071737s
- TEUTEN, E.L., SAQUING, J.M., KNAPPE, D.R., BARLAZ, M.A., JONSSON, S., BJORN, A., ROWLAND, S.J., THOMPSON, R.C., GALLOWAY, T.S. & YAMASHITA, R. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philos. Philos. Trans. R. Soc. Lond. (B Biol. Sci.)*, 364: 2027-2045.
- THOMPSON, R.C., SWAN, S.H., MOORE, C.J. & VOM SAAL, F.S. 2009. Our plastic age. *Phil. Philos. Trans. R. Soc. Lond. (B Biol. Sci.)*, 364: 1973-1976.
- THOMPSON, R.C., OLSEN, Y., MITCHELL, R.P., DAVIS, A., ROWLAND, S.J., JOHN, A.W.G., MCGONIGLE, D. & RUSSELL, A.E. 2004. Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, 304, 838. doi:10.1126/science.1094559
- TOMÁS, J., GUITART, R., MATEO, R. & RAGA, J.A. 2002. Marine debris ingestion in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, from the Western Mediterranean. *Mar. Poll. Bull.*, 44, 211-216.
- UNEP. 2011. Anuario Pnuma: temas emergentes en nuestro medio ambiente global, 2011. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi. Versión en español publicada en mayo de 2011 (versión original en inglés publicada en febrero de 2011) Página web: <http://www.unep.org/yearbook/2011>.
- WALKER, T.R., REID, K., ARNOULD, J.P.Y. & CROXALL, J.P. 1997. Marine debris surveys at Bird Island, South Georgia 1990-1995. *Mar. Pollut. Bull.*, 34: 61-65.
- WILLIAMS, A.T. & SIMMONS, S.L. 1997. Estuarine

- litter at the river/beach interface in the Bristol Channel, United Kingdom. *J. Coast. Res.*, 13: 1159-1165.
- WRIGHT, S.L., THOMPSON, R.C. & GALLOWAY, T.S. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environ. Pollut.*, 178: 483-492.
- WRIGHT, S.L., ROWE, D., THOMPSON, R.C. & Galloway, T.S. 2015. Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Current Biol.*, 23 (23): 1031-1033.
- ZITKO, V. & HANLON, M. 1991. Another source of pollution by plastics: skin cleans with plastic scrubbers. *Mar. Pollut. Bull.*, 22: 41-42.
- Recibido: 21-07-2015*  
*Aceptado: 02-12-2015*