

RepescaPlas:

“Valorización material de residuos plásticos recuperados del mar: caracterización, aplicaciones y desarrollo de producto”.

AUTORES:

Verdejo, E. (AIMPLAS); Albein, S. (AIMPLAS); Lázaro, A. (AIMPLAS); Ruiz, J. (FGN); Del Saz, María (FGN); Beiras, R. (UVigo); López-Ibáñez, S. (UVigo); Ferrer, E. (Cofradía de Gandía); López-Samaniego, E. (AVC); Rodríguez, R. (AVC); Miranda, F.J. (AVC).

Palabras clave:

Basuras Marinas, Valorización Material; Residuos Plásticos; Ecotoxicología; Concienciación Ciudadana; Sector Pesquero; Economía Circular

1. Introducción

La basura marina se define como cualquier material sólido persistente, manufacturado o procesado que haya sido desechado, depositado o abandonado en ambientes marinos y costeros (UNEP, 2005), incluyéndose en esta definición aquellos objetos que han sido fabricados o utilizados por el hombre y deliberadamente desechados o involuntariamente perdidos en el mar o la costa, junto a los materiales transportados al medio marino desde la zona terrestre a través de ríos, sistemas de drenaje o alcantarillado o empujados por el viento.

Los orígenes de las basuras marinas son diversos, se estima que el 80% de las basuras marinas proceden de fuentes terrestres siendo el 20% restante de origen marino (GESAMP, 1991 en Sheavly, 2005), si bien falta una mayor información y la realización de nuevos estudios que ratifiquen esta cifra.

Una vez el residuo alcanza el medio marino, puede llegar a desplazarse distancias significativas dependiendo de su tiempo de degradación, densidad, posibilidad de retención del aire, diferenciando entre objetos flotantes y objetos que se hunden (Andrady, 2011).

El 50% de los objetos residuales de plástico se hunden en el lecho marino, incluso polímeros de baja densidad como el polietileno o el polipropileno pueden perder flotabilidad bajo el peso de la suciedad acumulada y el crecimiento de organismos vivos (Engler, 2012).

En los fondos marinos las densidades de basuras marinas encontradas varían en un rango entre 0 y >7700 objetos/km², localizadas principalmente en las zonas costeras (Galgani et al., 2015). Para la realización de la mayoría de los estudios sobre basuras marinas en fondos, los residuos se recogen por medio de artes de pesca de arrastre y en algunos casos mediante sumergibles tripulados (Katsanevakis y Katsarou, 2004; Neves et al., 2015), siendo el arrastre el método más adecuado siempre teniendo en cuenta el tamaño de la malla y el ancho de apertura de la red (Galgani et al. 2011).

El proyecto RepescaPlas busca, de una parte, obtener un mayor conocimiento sobre los

residuos que se localizan en el medio marino, contando con la ayuda de los buques de arrastre pertenecientes a los puertos participantes y, por otra parte, ofrecer una solución a los residuos plásticos presentes en el medio marino, transformando dichos residuos, en nuevos productos que se puedan introducir en el mercado.

2. Objetivos

El principal objetivo del proyecto es reducir el impacto de las basuras marinas, y para poder alcanzar este, se han establecido como objetivos específicos:

- Reducir la cantidad de basura presente en el mar en el ámbito de actuación del proyecto.
- Incrementar el conocimiento sobre la naturaleza, las características y el impacto ecotoxicológico de los residuos plásticos contenidos en la basura marina recogida.
- Identificar, demostrar y evaluar las posibilidades de valorización de los residuos plásticos.
- Transferir la experiencia a otros litorales.
- Difundir los resultados del proyecto.

3. Reducción de la cantidad de residuos presentes en el mar

El proyecto ha iniciado su ejecución en enero del 2018 con la participación de los pescadores, formados previamente, que se encuentran embarcados en los buques de arrastre y de artes menores de la Cofradía de Gandía y en los arrastreros que descargan en los puertos de Marín y Vigo (Figura 1). De esta forma, se ha hecho posible la retirada de los residuos encontrados durante las labores de pesca en los fondos situados en las zonas próximas a estos puertos de la costa española.



Figura 1. Algunos de los barcos participantes en la retirada de residuos marinos

La caracterización por categorías de materiales y tipologías (Figura 4) ha empleado el sistema de clasificación de la plataforma MARNOBA de la Asociación Vertidos Cero y KAI Marine Services desarrollado para fondos profundos y barcos de arrastre o para basuras marinas flotantes y barcos con artes menores, a partir del sistema de clasificación estandarizado recogido en la guía de caracterización de las basuras marinas para los mares europeos del Joint Research Centre de la Comisión Europea (Galgani et al., 2013).

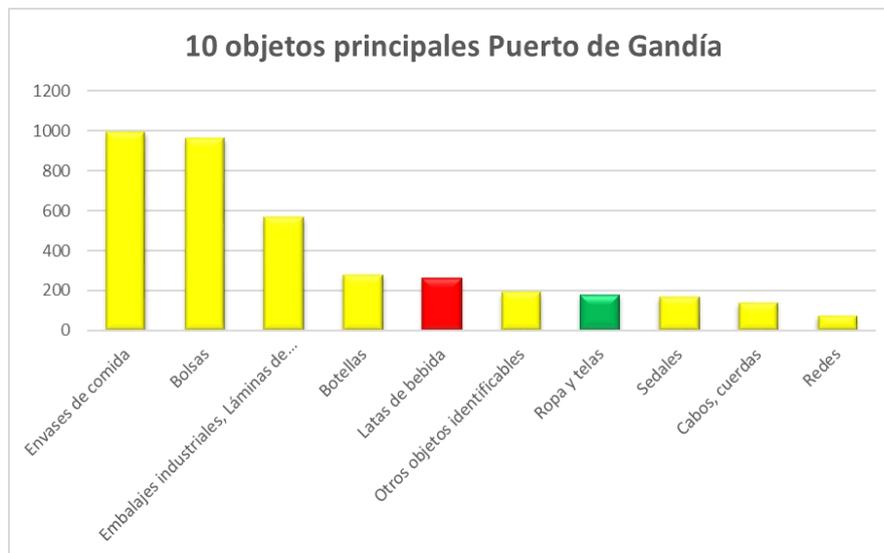


Figura 4. 10 objetos principales encontrados al caracterizar por su tipología las basuras marinas retiradas por los arrastreros de la Cofradía de Pescadores del Puerto de Gandía

Además, durante las labores de caracterización en los puertos, se toman muestras de los tipos de residuos retirados del mar pertenecientes a la categoría “plástico” para su análisis por parte de AIMPLAS. La realización de estos trabajos se produce en diferentes fases.

Es fundamental un conocimiento previo de los residuos a tratar, ya que mediante esta fase de comprensión y análisis empezamos a visualizar las posibles aplicaciones y tipo de tratamiento que se les podría efectuar.

En AIMPLAS se procede con una caracterización del material según la naturaleza del mismo. Esta acción sigue una metodología sencilla, en la que la fracción plástica recopilada en los diferentes puertos que forman parte del proyecto, que es enviada por la Asociación Vertidos Cero responsables de la primera parte de la caracterización (por tipología), se realiza un primer paso de separación de los residuos por tipo de materiales, este paso se ejecuta mediante identificación visual. Una vez separadas las diferentes fracciones, se procede a rellenar la ficha de caracterización elaborada especialmente para estos trabajos en la que hacemos una correlación entre las cantidades, apuntando peso y porcentaje de cada fracción respecto al total de la muestra.

En esta ficha se reflejan los diferentes polímeros que componen la muestra, a su vez se deja un apartado para aquellos objetos que no pertenecen a la fracción plástica y son

susceptibles de encontrarse en la muestra estudio, ya sea porque pertenecen a una fracción de selección más complicada, como el textil o que vayan unidos a los diferentes objetos, como partes de metal o materia orgánica.

Una vez realizada la caracterización, se obtiene información sobre cuáles son los polímeros más comunes que se encuentran como parte de las basuras marinas. De forma preliminar los más abundantes y segando por volumen, serían el PE (Polietileno) y el PET (Tereftalato de polietileno), sin embargo, si el valor que se considera como referencia es el peso total, se obtendría que los productos más comunes que se encuentran son aquellos que pertenecen a los diferentes aparejos de pesca, como las trampas para pulpos, algunas cuerdas o cabos encontrados y las propias redes.

La muestra así caracterizada es micronizada a un tamaño menor a 250 μm para proceder a su caracterización ecotoxicológica realizada por parte del grupo de investigación de la Universidad de Vigo, pasando a continuación a una serie de bioensayos ecotoxicológicos con tres especies marinas planctónicas: *Isochrysis galbana* (microalga verde), *Acarti clausi* (copépodo) y *Paracentrotus lividus* (erizo de mar) (Figura 5). Estas dos últimas especies se emplearon en estado larvario debido al incremento de la sensibilidad del bioensayo.

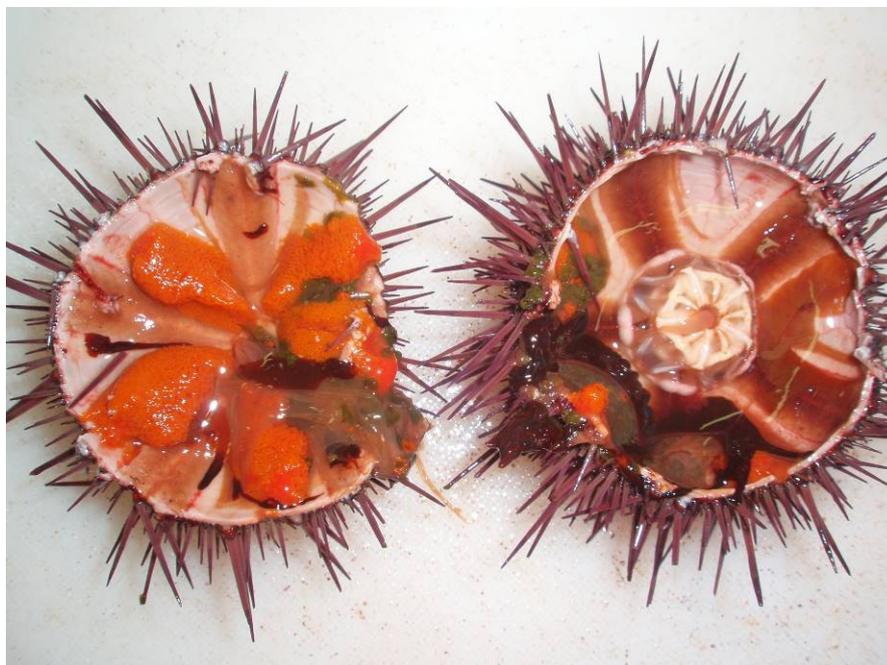


Figura 5. *Paracentrotus lividus* (erizo de mar)

Las pruebas han consistido en la incubación de los plásticos micronizados junto con agua de mar artificial durante 24 horas en una rueda de zooplancton a una concentración de 10 g L⁻¹. Dicha suspensión se filtra posteriormente en filtros de fibra de vidrio, de forma que se obtuvo una cierta cantidad de lixiviado, al que posteriormente, y a diferentes concentraciones (diluciones), se expusieron cada una de las especies con el objetivo de comprobar su toxicidad. Para ello, se mide el crecimiento de la población en el caso de *I. galbana*, la mortalidad para *A. clausi* y el crecimiento larvario en el caso de *P. lividus*.

Por último, la toxicidad se cuantificó usando los parámetros de CE10/CL10 y CE50/CL50

en cada caso, así como con las unidades de toxicidad ($UT=1/CE_{50}$) correspondientes (Figura 6). Según las unidades de toxicidad, un material con una $UT < 1$ no será tóxico, uno con $1 \leq UT < 2$ será moderadamente tóxico y uno con $UT \geq 2$ será muy tóxico.

La especie más afectada es *P. lividus*, para la que la nasa de pulpo ha resultado ser no tóxica ($UT < 1$), el embalaje industrial moderadamente tóxico ($UT = 1$) y la red de pesca muy tóxica ($UT = 2,82$). Sin embargo, para *I. galbana* y *A. clausi*, ningún material ha mostrado toxicidad significativa hasta el momento.

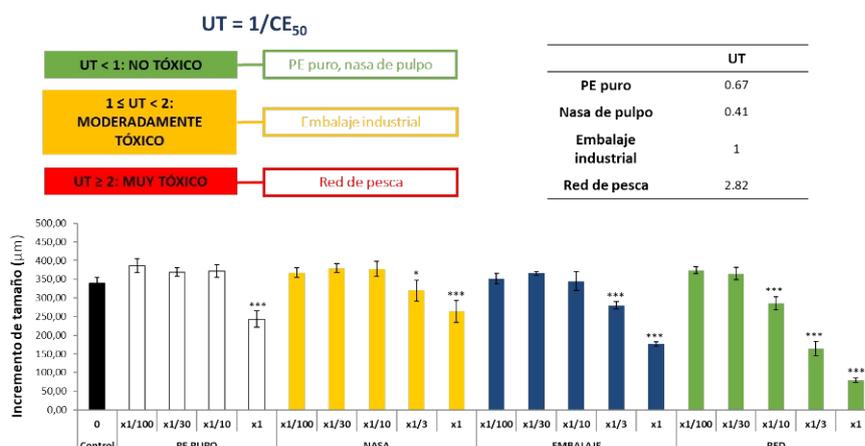


Figura 6. Ensayo de toxicidad en *P. lividus* (Erizo de mar) en Unidades de Toxicidad (UT)

5. Identificar, demostrar y evaluar las posibilidades de valorización de los residuos plásticos

En el proyecto RepescaPlas, uno de los pasos técnicos a seguir y como parte de los objetivos propuestos, se encuentra la posibilidad de valorización de los residuos recogidos ya sea con un producto final material o en forma de valorización energética.

Esta etapa paralela que se realiza en AIMPLAS es el estudio y la viabilidad de reciclado de los diferentes componentes.

En general, la composición de los residuos es muy heterogénea y en el caso de los residuos provenientes del fondo marino esta característica se agrava debido a que las recogidas no siguen un patrón establecido, se rigen por fenómenos naturales, no es posible predecir qué tipo de productos van a ser recogidos.

A esto último hay que añadir que, al estar bajo condiciones de salinidad, erosión por fricción, luz solar, etc. presentan un nivel de degradación muy alto con alteraciones de las propiedades físico-mecánicas de los polímeros, que dificulta su reciclado, al menos el reciclado mecánico que ha sido el objeto de estudio dentro del proyecto.

Para el estudio de comportamiento de los residuos se han seguido los siguientes pasos. El primer paso se ha focalizado en dos tipos específicos de materiales, los materiales llamados tipo FILM que engloban el Polietileno de baja densidad (PEBD) y el Polipropileno (PP) entre otros, junto al Tereftalato de Polietileno (PET).

Para la realización de los trabajos se ha contado con el apoyo de la Planta Piloto de Reciclado de la que dispone AIMPLAS. En un primer momento, se hizo uso del lavadero

para un prelavado de las muestras, se dejó en agitación, en un régimen de bajas revoluciones por minuto (rpm) durante un total de 2 horas y posteriormente en reposo durante un total de 24 horas para que se produjera una separación efectiva.

A continuación, se recogieron los materiales separados por densidad y se dejaron secar durante dos días. Una vez el material se encuentra seco y limpio, se procede al triturado del mismo.

Como se ha comentado, nos focalizamos en dos materiales objeto. Para ello, se han utilizado dos molinos localizados en la planta. En uno de ellos se realiza la trituración del PET, para la trituración de este material hay que seguir un procedimiento previo de corte de las diferentes botellas en trozos más pequeños teniendo en cuenta siempre en retirar el tapón, así como la base y la boca del envase, ya que son partes más duras y en nuestro caso se podría dañar la maquinaria.

El resultado que se observa es que, al tratarse de material muy degradado, las escamas que se obtienen no son de un tamaño y forma homogéneos y el proceso de triturado se ralentiza en comparación a si se tratara de una trituración de un material post-consumo.

Para el triturado de la fracción FILM, se ha utilizado el otro molino dispuesto en las instalaciones de AIMPLAS. Para esta porción de residuos, se procede a la trituración del material diferenciando por colores con el objetivo de conseguir dos resultados finales de la acción.

Por otro lado, y relacionado con otro objetivo del proyecto, como son los ensayos ecotoxicológicos. Al ya tener un paso previo de separación de un mismo polímero con diferentes aditivos se procederá a su micronizado en 250micras para enviarlo a la Universidad de Vigo que analizará la toxicidad de estos aditivos.

La separación previa por colores nos permite tener más opciones a la hora de realizar las pruebas de procesabilidad de los materiales y poder aumentar el número de muestras posibles.

Una vez obtenidas las muestras intermedias trituradas, se procede a otra etapa de lavado, esta vez a pequeña escala y con los materiales ya diferenciados (Figura 7) para librarlos más en detalle de las impurezas que puedan presentar antes de introducirlos en procesos propios a nivel de escala piloto para estudiar la procesabilidad y estabilidad de los mismos, por ejemplo, en máquinas de inyección.



PET-R



FILM-R

Figura 7. Muestras de PET y FILM listas para estudiar su procesabilidad

Este sería el tercer paso que se realiza en las instalaciones de AIMPLAS. Una vez preparadas las muestras en piezas más pequeñas y limpias, se puede estudiar las posibilidades de valorización de las mismas.

Debido a la degradación que presenta el material, se considera propicio realizar el estudio de varias mezclas hasta conseguir un producto final apropiado para su uso y comercialización. En un primer momento, se prueba con material puro y conforme se vayan realizando avances se verá si es necesaria la adición de otro tipo de muestras procedentes, bien de residuos marinos o su mezcla con otros residuos que sirva de aglomerante para aumentar las propiedades del producto final.

Respecto a la procesabilidad de las muestras, los resultados que se han obtenido por ahora es la realización de una placa de PET por termoformado, a través de presión y a una temperatura de 280°C. De esta se puede concluir que la mala condición del material hace que sus características “naturales” disminuyan por lo que se reafirma la necesidad de aplicarle algún material de refuerzo para la obtención de un producto final de mejor calidad. Hay que tener en cuenta que las instalaciones están dotadas para procesos a escala de investigación, estando limitados al tamaño de la maquinaria o potencia a efectos de otras pruebas a una escala superior.

A partir de estos resultados preliminares, cabe señalar que podría ser necesaria la creación de una línea de tratamiento o pretratamiento para este tipo de residuos que funcionaría de manera independiente a las actuales, ya que se tratan de un flujo de residuos muy heterogéneo, y aunque a simple vista y por la similitud que tienen a los materiales residuales post-consumo, donde se podría valorar un tratamiento conjunto. AIMPLAS considera esta opción como no viable, ya que serían difícilmente aprovechables disminuyendo la calidad de los otros residuos gestionados y correctamente tratados en la actualidad por medio del reciclado recogido en el nuevo modelo para una economía circular.

Aclarar que muchos de los residuos recibidos presentan dificultades para ser valorizados materialmente por lo que puede resultar necesario considerar una valorización energética con la obtención de un combustible sólido recuperado a partir de estos residuos retirados del mar.

Por otra parte, se debería considerar la necesidad de una clasificación previa en planta para los residuos marinos retirados de los fondos marinos, teniendo en cuenta que el proyecto contempla la valorización de la fracción plástico que es la fracción mayoritaria entre las basuras marinas pero hay que considerar que también están presentes otras fracciones como son vidrio, metal, madera, textiles no plásticos, etc, a los que habrá que buscar una solución para su gestión y tratamiento.

6. Transferir la experiencia y difundir los resultados del proyecto

Para transferir la experiencia, las cofradías de pescadores son una parte clave en este tipo de proyectos. Por esta razón, se han realizado eventos donde intercambiar conocimientos entre estos profesionales del sector que ayudan a involucrar a otros puertos, consiguiendo así incrementar las cantidades de residuos marinos que pueden ser retirados.

Fundación Global Nature junto a la Asociación Vertidos Cero, han sido las encargadas de llevar a cabo las jornadas de formación a pescadores (Figura 8), buscando la participación del mayor número de pescadores de las cofradías que se impliquen en la retirada de los residuos marinos.



Figura 8. Formación a los pescadores de la Cofradía de Gandía (Comunidad Valenciana)

Por otra parte, se ha focalizado el esfuerzo sobre la concienciación ciudadana, dada la importancia de nuestro papel en este problema, para acabar con el abandono de los residuos, pues como ya se ha señalado anteriormente, un 80% de los residuos que terminan en el medio marino proceden de fuentes terrestres, llevándose o a cabo varias jornadas de sensibilización en centros de formación de la comunidad valenciana.

Fundación Global Nature ha sido la encargada de llevar a cabo la estrategia de comunicación de RepescaPlus, esta se ha basado en la difusión tanto del proyecto en sí como la importancia de la gestión de los residuos marinos, su problemática, su caracterización y valorización. Además de la implicación del sector pesquero de forma positiva y constructiva.

También, como medida de difusión del proyecto se han generado diferentes materiales, destacando el diseño de una infografía "Historia de una basura marina" que representa gráficamente cada una de las fases del proyecto (Figura 9), desde que se recoge la basura marina en el mar hasta que es transformada de nuevo en un producto de consumo.



Figura 9. Infografía del proyecto RepescaPlas: Historia de una basura marina

Agradecimiento

Queremos agradecer la colaboración de la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica, a través del Programa Pleamar, cofinanciado por el FEMP.

Participantes

El proyecto está coordinado por AIMPLAS y cuenta con la participación de Fundación Global Nature, Asociación Vertidos Cero, Universidad de Vigo y la Cofradía de Pescadores de Gandía.

Bibliografía

- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment *Mar. Pollut. Bull.* 2011, 62 (8) 1596– 1605
- Engler, R. E. (2012) The Complex Interaction between Marine Debris and Toxic Chemicals in the Ocean. *Environmental Science & Technology* 2012 46 (22), 12302-12315
- Galgani, F., Piha, H., Hanke, G., Werner, S., & GES MSFD group. (2011). Marine litter: Technical recommendations for the implementation of MSFD requirements. EUR 25009 EN. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union; 2011. JRC67300
- Galgani, F., Hanke, G., Werner, S., Oosterbaan, L., Nilsson, P., Fleet, D., Kinsey, S., Thompson, R.C., VanFraneker, J., Vlachogianni, T., Scoullou, M., Mira Veiga, J., Palatinus, A., Matiddi, M., Maes, T., Korpinen, S., Budziak, A., Leslie, H., Gago, J., Liebezeit, G., (2013). MSFD GES technical subgroup on marine litter. Guidance on monitoring of Marine Litter in European Seas. In: JRC Scientific and Policy Reports, pp. 128 Report EUR 26113 EN.
- Galgani F., Hanke G., Maes T. (2015) Global Distribution, Composition and Abundance of Marine Litter. In: Bergmann M., Gutow L., Klages M. (eds) *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, Cham
- Katsanevakis, S.; Katsarou, A. *Water, Air, & Soil Pollution* (2004) 159: 325.
- Neves, D.; Sobral, P.; Pereira, T. (2015). Marine litter in bottom trawls off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin* 99 (2015) 301–304
- Sheavly S.B. (2005). Sixth Meeting of the UN Open-ended Informal Consultative Processes on Oceans & the Law of the Sea. Marine debris – an overview of a critical issue for our oceans. June 6-10, 2005.
- UNEP, 2005. *Marine Litter, an analytical overview*. UNEP. Nairobi, Kenia. 58 pp