

## ¿Así se reciclan nuestros envases?

Hoy en día, los materiales plásticos forman parte de todos los objetos que nos rodean, por ejemplo de las botellas de bebidas, de la mayoría de otros envases, de la ropa que vestimos, de un número creciente de piezas del automóvil, e incluso de la pintura que cubre algunos de estos objetos.

Para fabricar un kilogramo de PET, poli(etilentereftalato), empleado en la fabricación de botellas de agua y refrescos, se necesitan 1,9 kg del crudo de petróleo junto a una importante cantidad de energía. Todo este gasto sirve únicamente para envasar la bebida durante algunas semanas, después, se convierte en un objeto inútil.

Teniendo en cuenta que los recursos del planeta son limitados, ¿no deberíamos ser responsables y procurar reciclar todos estos materiales una vez finalizado su periodo de vida útil? Si así fuese, no solo haríamos un uso eficiente de nuestros recursos naturales, sino también evitaríamos la formación de enormes montañas de basura.

*El reciclado es un proceso por el cual un material, que ya ha sido usado, es tratado de manera que pueda ser utilizado de nuevo.*

El reciclado es un punto clave en el tratamiento de los desechos generados por nuestras necesidades y modo de vida en el siglo XXI. Es uno de los componentes de la triple estrategia seguida para minimizar la gran cantidad de desechos y basura que generamos actualmente: *Reducir, Reusar y Reciclar*. Hoy en día, existe la tecnología necesaria para reciclar materiales muy variados, sea vidrio, papel, metales, plásticos, tejidos y electrónicos.



Figura 1. Contenedor para la recogida de materiales plásticos



Figura 2. Transporte de botellas y garrafas para su reciclaje.

### ETAPAS en Procesos de Reciclaje

**1) Recolección selectiva.** Los Ayuntamientos, Comunidades y el Estado, fomentan el reciclaje, y para ello disponen de los medios para una primera separación de materiales a reciclar. A este fin distribuyen por calles y

barrios contenedores de diversos colores (Figura 1) que facilitan una primera separación entre vidrios, papel, plásticos y otros. La iniciativa privada (Figura 2) también participa en su recolección y transporte. Junto a esta primera separación, los RSU (Residuos Sólidos Urbanos) son sometidos a una separación con medios manuales y mecánicos que se realiza en plantas en las que se almacenan por un corto tiempo estos residuos. La Figura 3 ilustra esta separación.



Figura 3. Separación manual y mecánica de RSU.

**2) Separación y limpieza.** En el reciclaje de residuos plásticos, una de las etapas importantes y decisivas es la recolección, limpieza y separación por familias de los objetos recogidos. Una botella de PVC (policloruro de vinilo) se parece mucho a otra de PET, pero como químicamente son muy diferentes, sus residuos no se pueden mezclar sin alterar significativamente las propiedades del nuevo material. Es importante destacar la poca compatibilidad, en cuanto a estructura química, de estas dos familias de plásticos, por lo que si se mezclaran se reducirían sus propiedades mecánicas respecto de las que poseen sin mezclarse. Esta pérdida de propiedades ocurre también al mezclar entre sí residuos de otras familias de plásticos.

El reciclaje de polímeros implica varias fases de separación que tienen por objetivo eliminar las mezclas, y obtener residuos con un elevado grado de pureza. Así, previamente a su trituración y lavado es habitual una separación manual (Figura 4) realizada por personas especialmente entrenadas para este fin. Para facilitar esta separación, se han establecido unos códigos que permiten identificar el polímero componente principal del plástico en botellas, bandejas y otros envases comunes. La figura 5 muestra como es esa simbología y cuál es el número que identifica a aquellos plásticos que, previa separación, son reciclados a gran escala.



Figura 4. Separación manual de envases



Figura 5. Identificación de los principales plásticos reciclables.

**3) Procesos de reciclado.** Existen varias tecnologías de reciclar polímeros (Figura 6), la más sencilla, más económica y la más frecuente, consiste en fundir y dar nueva forma a las escamas que hemos lavado y separado cuidadosamente en las instalaciones de reciclaje. El fabricante de objetos de plástico compra al reciclador grandes cantidades de escamas que son fundidas y convertidas en miles de nuevos objetos, mayoritariamente en unas máquinas denominadas “inyectoras”. Es la tecnología que se denomina “reciclaje mecánico”

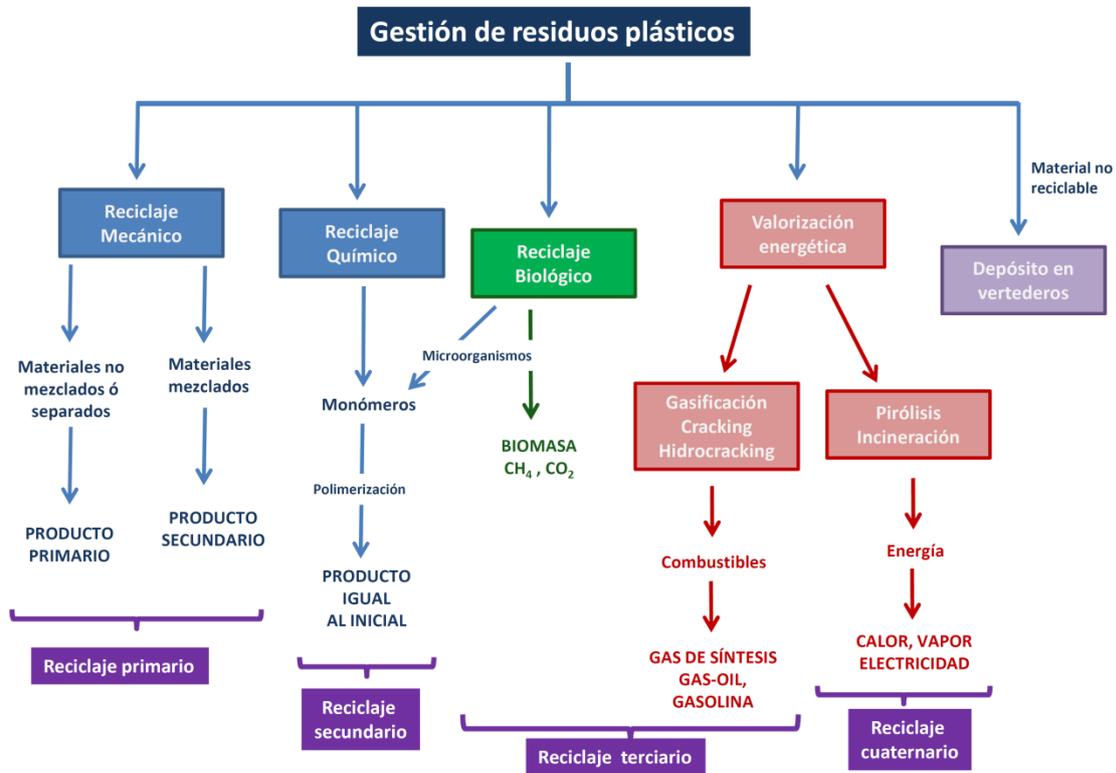


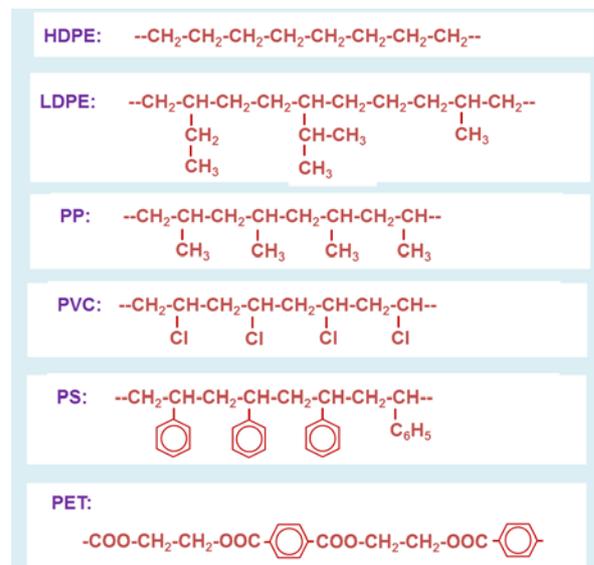
Figura 6. Esquema que muestra las diversas metodologías disponibles en el reciclaje de polímeros.

Otros procesos son más complicados y minoritarios, e implican la utilización de reacciones químicas, o procesos biológicos que descomponen el polímero en sustancias aprovechables. Finalmente, con aquellos residuos que contienen mezclas inseparables o plásticos muy deteriorados, el tratamiento que se les da es la incineración. Como su estructura molecular es muy parecida a la gasolina y al gasoil, cuando se queman tiene un gran poder calorífico. De esta forma sustituyen a los combustibles tradicionales en algunos procesos industriales. No obstante, esta incineración es controvertida pues puede generar residuos tóxicos.

**4) Valorización económica.** Para que el proceso de reciclado sea sostenible, el material reciclado debe ser vendido a empresas, por tanto el coste del material reciclado debe ser más barato que el material original, y además debe haber empresas dispuestas a comprarlo. Si no fuese así, el material reciclado acabaría en un vertedero.

Todos los procesos que hemos analizado (recolección, almacenamiento, separaciones, lavados y transformación) tienen un coste económico, cuya suma es el precio final del material reciclado. Las empresas del sector trabajan no solo en disminuir costes, sino en la búsqueda de nuevas aplicaciones para el material reciclado.

Beneficios del reciclaje de plásticos
Reduce la contaminación en tierra, ríos y mares
Protege la vida animal
Disminuye el tamaño de vertederos
Ahorra recursos naturales
Disminuye el gasto energético
Protege la capa de ozono
Ayuda a la concienciación sobre reutilización
Crea puestos de trabajo



En esta sesión de laboratorio vamos a realizar: 1) una separación de residuos plásticos, seguida de: 2) un proceso de identificación de residuos basado en la radiación infrarroja.

La separación la llevaremos a cabo basándonos en su densidad. Los materiales plásticos comunes tienen una densidad comprendida entre  $0,9 - 1,4 \text{ g/cm}^3$ , en consecuencia, si los introducimos en un recipiente con agua y unas gotas de detergente, los de densidad superior a  $1,0 \text{ g/cm}^3$  se hundirán, y los de densidad inferior a  $1,0 \text{ g/cm}^3$  flotarán.

En la industria del reciclaje se utiliza esta técnica para separar las escamas procedentes del lavado y trituración de residuos plásticos. A base de añadir distintas sales o alcohol al agua, es posible disponer de varias disoluciones acuosas de diferentes densidades, de manera que se pueden dividir los residuos en cuatro o cinco fracciones.

No obstante, esta separación no es perfecta debido a que cualquier objeto de los que denominamos “de plástico” contiene una cantidad considerable de otras sustancias que denominamos *aditivos*. Los plásticos no son materiales puros, habitualmente son una mezcla de un polímero (molécula de elevado peso molecular) con otros componentes que modifican las propiedades, o dotan de mayor resistencia a la pieza. Estas sustancias adicionadas modifican ligeramente la densidad de las escamas, que ya no coincide con la del polímero puro. En consecuencia, el proceso se complica, y es necesario un proceso de identificación y separación más minucioso y selectivo de los fragmentos.

A nivel industrial, se han desarrollado equipos con sensores capaces de identificar y separar las escamas lavadas que ya han pasado por algunas etapas de separación. Estos sensores que se sitúan sobre una cinta transportadora diferencian la estructura o algunas propiedades de los plásticos, y llevan acoplados sistemas mecánicos o de aire a presión, para desviar cada una de las escamas hacia un contenedor determinado (Figura 7).

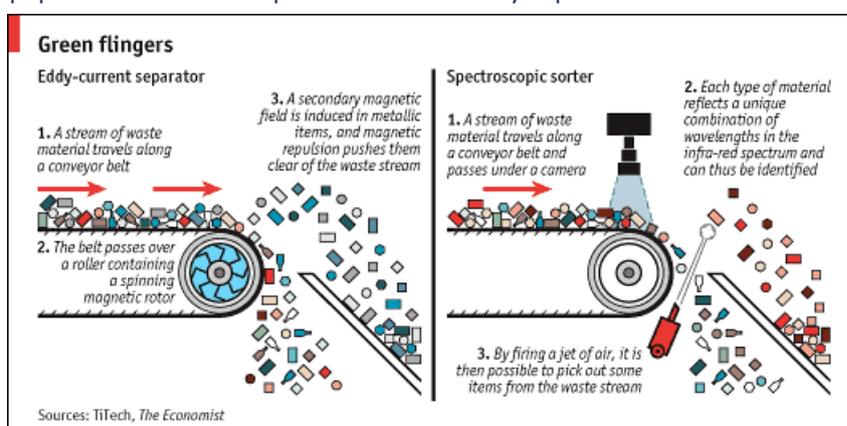


Figura 7. Dos tecnologías de separación utilizadas en la industria.

## EXPERIMENTAL

## 1. Recolección de materiales plásticos desechables (a realizar por el alumno antes de la sesión práctica).

Para realizar la parte práctica de la sesión es conveniente que los alumnos traigan recipientes plásticos de uso común en su casa. A modo de ejemplo, son utilizables para esta sesión de laboratorio diversos tipos de bolsas y botellas de plástico. En el caso de las bolsas es preferible que tengan una cierta consistencia, en las botellas sirven las de agua, detergente, gel de baño, champús, etc. También son utilizables las bandejas empleadas en los supermercados de alimentación para envasar carnes o frutas. En realidad, sirve cualquier lámina de material plástico que pueda ser cortado con unas tijeras.

Con el objetivo de diferenciar visualmente las distintas muestras con las que se va a trabajar, es conveniente elegir bolsas, botellas y bandejas coloreadas. Estos recipientes deben venir vacíos, limpios y secos. El alumno debe buscar, y anotar, el número que identifica el material plástico del que está elaborado el recipiente. Este número suele estar en la base del objeto.

## 2. Preparación de las escamas de recipientes reciclables.

Ya en el laboratorio, procederemos a seleccionar los envases con colores fácilmente distinguibles que eviten confusiones a la hora de separar e identificar las escamas. Procederemos a cortar con precaución, y mediante unas tijeras, fragmentos cuadrados de aproximadamente 2,0 cm de lado, a partir de los envases escogidos.

Para una sesión de prácticas es suficiente disponer de unas diez-doce piezas del tamaño y forma comentado. Repartir un par de piezas de cada muestra entre los equipos de alumnos asistentes que van a realizar conjuntamente la separación.

## 3. Separación de escamas por flotación.

Anotar cuidadosamente el tipo y las características de las muestras que nos han asignado. Disponemos de cuatro o cinco baños de disoluciones acuosas de distinta densidad dispuestos ordenadamente en función de su densidad. Introducir las piezas en el baño de mayor densidad, agitando ligeramente con una varilla de vidrio hasta verificar cuales son las piezas que flotan, y cuales las que se hunden.

Con ayuda de las pinzas sacar del baño las piezas que flotan, secarlas ligeramente con un papel, y a continuación, introducirlas en el baño con densidad inmediatamente inferior al anterior. Las piezas se hundirán o flotarán en función de su densidad y de la del líquido que existe en el baño. Repetir la operación en cada uno de los baños. Al llegar hasta el último baño, el de menor densidad, se habrá obtenido una clasificación de las muestras en función de su peso específico.

Tabla 3. Comportamiento de muestras plásticas formadas por polímeros puros (no contienen aditivos)

Plástico	Rango de	Densidad de soluciones (g/cm <sup>3</sup> )
----------	----------	---

	densidades (g/cm <sup>3</sup> )	A (0,91)	B (0,94)	C (1,00)	D (1,15)
Polipropileno (PP)	0,90 - 0,91	flota	flota	flota	flota
Poli(etileno de baja densidad) (LDPE)	0,92 - 0,94	se hunde	flota	flota	flota
Poli(etileno de alta densidad) (HDPE)	0,95 - 0,97	se hunde	se hunde	flota	flota
Poli(estireno) (PS)	1,05 - 1,07	se hunde	se hunde	se hunde	flota
Poli(cloruro de vinilo) (PVC)	1,16 - 1,35	se hunde	se hunde	se hunde	se hunde
Poli(etileno-tereftalato) (PET)	1,38 - 1,39	se hunde	se hunde	se hunde	se hunde

Con ayuda del cuadro que se adjunta, hacer una identificación provisional de las piezas en función de sus intervalos de densidad.

Tabla 4. Resultados experimentales obtenidos con plásticos aditivados.

Muestra	Comportamiento en soluciones (g/cm <sup>3</sup> )				Densidad aproximada	Posibles plásticos
	A (0,91)	B (0,94)	C (1,00)	D (1,15)		

#### 4. Identificación de plásticos mediante espectroscopía de IR

Para esta última parte se utilizará preferentemente una muestra que no haya sido mojada en la experiencia anterior. Con ayuda del profesor, obtener el espectro de IR de las muestras dudosas, y con ayuda del diagrama de la Figura 8, asignar definitivamente y unívocamente la estructura química a las muestras ensayadas.

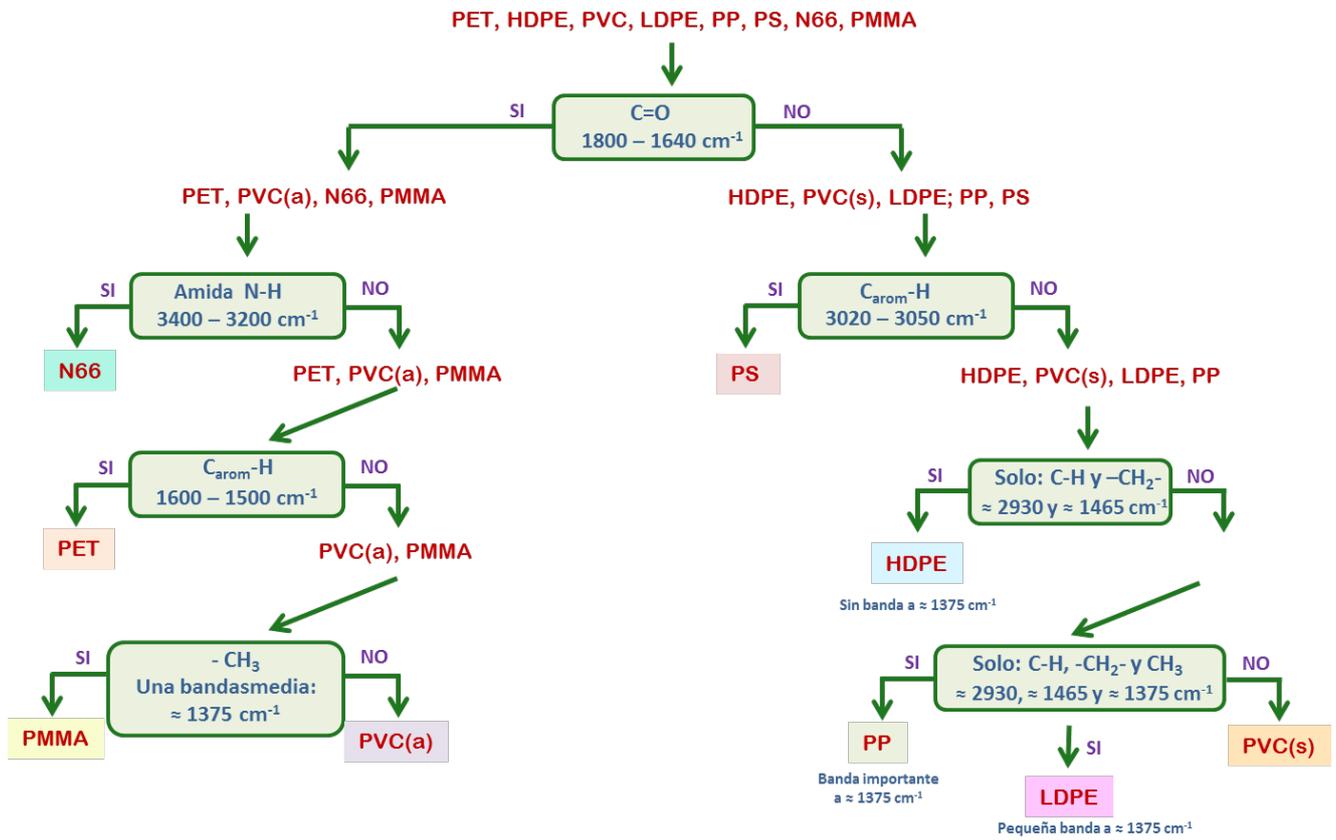


Figura 8. Diagrama de flujo para asignar estructuras químicas a las muestra analizadas mediante espectroscopía de IR