



---

## Contaminación ambiental producida por plásticos

---

*Magister Nora Nappa de Ferrero*

Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes - Universidad Nacional de San Juan  
Av. José Ignacio de la Roza 230 Oeste, Ciudad, San Juan. Email: [jferrero@unsj.edu.ar](mailto:jferrero@unsj.edu.ar)

### Resumen

Las diferentes formas de eliminación de residuos plásticos, constituyen un importante problema para nuestro medio ambiente. Una gran cantidad de petróleo se utiliza como materia prima en la fabricación de los plásticos y, la eliminación de los mismos, colabora en la producción de lluvia ácida e incrementa el efecto invernadero. En este artículo se aborda la problemática de la eliminación de los residuos plásticos de la basura domiciliaria, qué tratamientos puede dárseles a esos desechos y cómo se ve afectado el medio ambiente, a la vez que se proponen algunas actividades didácticas que pueden resultar útiles a los profesores de Ciencias Naturales de la EGB 3 y Polimodal.

### Summary

The use of plastic materials and their subsequent elimination constitute an important problem for our environment. A great quantity of oil is occupied as raw material in the manufacture of the plastic. In addition, their elimination produce acid rain and increase the greenhouse effect. In this article is approached the problems of the elimination of the plastic residues from the domiciliary garbage, what treatments can be given to them and how they affect the environment. Furthermore, some didactic activities are proposed which can result useful to the Natural Science teachers from EGB 3 and Polimodal.

### Introducción

El desarrollo y tratamiento de temáticas relacionadas con el ambiente y su contaminación constituye un punto de fundamental importancia que los docentes de ciencias debemos tener en cuenta si queremos formar ciudadanos científicamente cultos, conscientes de los peligros que entraña el uso indiscriminado de productos que, de una u otra forma, puedan afectar irreversiblemente nuestro hábitat.

Una de las muchas problemáticas en boga, es la referida al uso y eliminación de residuos plásticos; por un lado porque ellos son un derivado del petróleo, recurso no renovable, y por otro, debido a que su eliminación causa graves problemas ambientales.

Si bien la cantidad de petróleo utilizada en la fabricación de plásticos es del 4 %, frente a un 35% usado en calefacción, un 29% en transporte y un 22% en producción de energía (Reciclado y Plásticos, 1994), el aumento en el uso de materiales plásticos producirá un consumo cada vez mayor de petróleo a medida que el tiempo pase y la población mundial aumente.

Por otra parte, en ciertos tipos de tratamiento de los residuos plásticos (que se detallan más adelante) se producen gases y partículas que provocan contaminación ambiental, produciendo lluvia ácida y aumento del efecto invernadero.

Mucho se ha hablado sobre la importancia de los plásticos en nuestros días. Ellos son los responsables de brindarnos abrigo y confort. Además, millones de toneladas de madera son reemplazadas por el uso de los plásticos con lo cual se disminuye notablemente la tala indiscriminada de árboles. Debido a su gran versatilidad y su elevada resistencia a los agentes físicos, químicos y ambientales, se utilizan en la fabricación de las más variadas prótesis. Se usan en transplantes que salvan la vida a miles de personas y sirven para la fabricación de gran cantidad de material descartable con lo cual se evita el contagio de peligrosas enfermedades.

Paradójicamente, una de las mayores ventajas de los plásticos, la inalterabilidad, se constituye también en la mayor desventaja. La elevada resistencia de los plásticos a la descomposición bacteriana y a la corrosión, ocasionada por ácidos y bases, por agentes oxidantes y por el agua, hacen que este tipo de residuo sea muy difícil de eliminar, constituyendo un gravísimo problema de contaminación del medio ambiente.

En muchos lugares del mundo se tiran al mar millones de toneladas de envases e hilos plásticos que se usan para la pesca. Muchos animales comen estos residuos confundiéndolos con apetitosos alimentos y pueden morir ahogados.

También estos plásticos suelen acumularse en las riberas y costas formando verdaderos basurales.

### Incidencia de los plásticos en la basura urbana

En las grandes ciudades argentinas, tales como Córdoba, Rosario, Capital Federal, entre otras, se producen alrededor de 1,3 Kg. de residuos por habitante y por día, lo que representa varios cientos de miles de toneladas anuales de basura.

En la Capital Federal, la misma está constituida por un 7 % en peso de residuos plásticos (lo que representa alrededor del 20 % en volumen), acompañada de cantidades importantes de materia orgánica, papel y, en menor medida, de vidrios, textiles, metales y embalajes (Figura 1: COTEC, 1994; Reciclado y Plásticos, 1994).

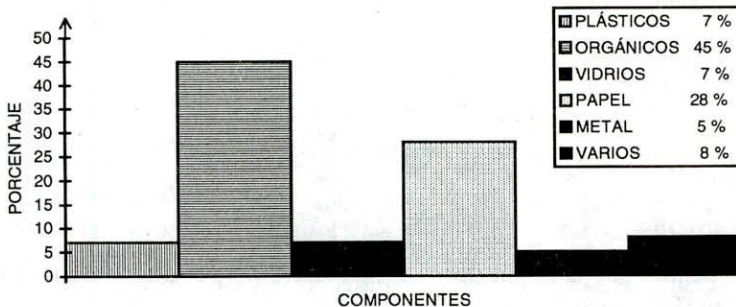


Figura 1 - Composición porcentual en peso de la basura de la Capital Federal en 1994.

Del total de los residuos plásticos en la basura, el 90% está formado por cuatro tipos de sustancias: polietileno (PE), poliestireno (PS), polipropileno (PP) y policloruro de vinilo (PVC), componentes principales de botellas, filmes y bolsas, vasos, etc.

Si comparamos los valores de composición de basura en la Capital Federal con los valores obtenidos en grandes ciudades europeas, (Figura 2: European Center for Plastics in the Environment, 1990, citado en COTEC, 1994), se puede ver que los porcentajes de plásticos contenidos en los desechos urbanos son los mismos, aunque existen algunas variaciones para otros rubros. Así, la problemática y el tratamiento de los residuos, puede considerarse semejante para ciudades relativamente grandes.

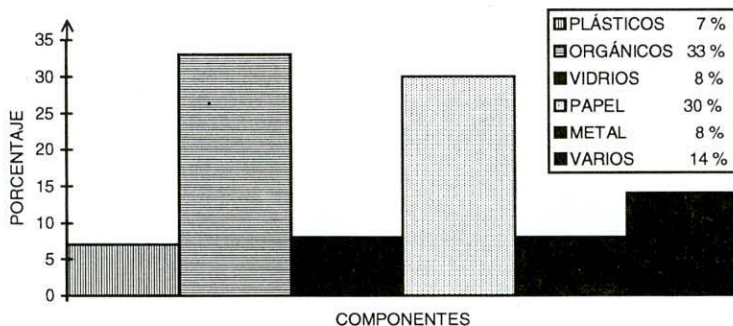


Figura 2 - Composición porcentual en peso para ciudades europeas en 1990.

Si bien la incidencia de los materiales plásticos en la basura es relativamente baja, éstos son de difícil eliminación debido a su escasa degradabilidad producida por agentes físicos, biológicos y químicos y el costo elevado de los tratamientos a los que pueden ser sometidos.

### Tratamiento de residuos plásticos

Una vez que un objeto plástico ha sido utilizado, éste puede seguir alguno de los siguientes caminos:

- Reutilización
- Reciclado
- Eliminación

#### 1. Reutilización

La reutilización de los materiales plásticos es una manera muy eficaz de disminuir notablemente la cantidad de desechos producidos.

En el ámbito doméstico muchos envases, bolsas y películas plásticas pueden ser utilizadas repetidamente, pero es importante tener presente que no es conveniente reutilizar recipientes plásticos para guardar alimentos líquidos o sólidos, debido a que con el tiempo puede producirse cierta degradación del polímero constituyente del envase, con la consiguiente cesión de productos tóxicos al alimento.

Por otra parte, el uso de plásticos reciclados para el embalaje de alimentos está expresamente prohibido, por la imposibilidad de garantizar su higiene.

A nivel industrial los residuos plásticos pueden molerse para ser utilizados como material de relleno. Estos residuos mezclados con otros elementos son procesados en forma de paneles que se usan en la construcción.

## 2. Reciclado

Llamamos reciclado o reciclaje al proceso por el cual es posible la conversión de material plástico desechado en materia prima para la producción de nuevos elementos.

El reciclado de productos plásticos se fundamenta en dos razones principales:

Una de ellas se refiere al ahorro de materia prima proveniente de recursos no renovables. Todos los plásticos son elaborados mediante la polimerización de sustancias químicas derivadas del petróleo, el cual es un recurso no renovable generado por medio de procesos biogeológicos que insumen miles o millones de años (Peace Corps, 1994).

La otra razón que justifica el reciclado del material plástico de desecho es que se puede minimizar tanto el espacio físico que ellos ocupan, como los inconvenientes que causan al ser esparcidos en los basurales o al ser destruidos por medio del calor.

Sin embargo, uno de los principales problemas del reciclado es el elevado costo que tiene el proceso.

El reciclado resulta rentable cuando los residuos están compuestos por mezcla de polímeros limpios. El costo total del reciclado de plásticos varía entre 1.500 y 2.000 dólares por tonelada (Oschmann, 1995) según la complejidad de la recolección y clasificación de los mismos antes de someterlos al reciclaje.

Este proceso consta de una serie de etapas que podrían resumirse de la siguiente manera:

- 1) Recolección
- 2) Clasificación
- 3) Molienda
- 4) Lavado
- 5) Filtrado
- 6) Calentado
- 7) Formación de pelets (plástico en pequeños trozos)

En este proceso las etapas de recolección y clasificación insumen bastante mano de obra debido a que, generalmente, los residuos plásticos son desechados y recolectados en forma conjunta con otros tipos de basura. Por lo tanto, es necesario separar los plásticos del resto de la basura, retirar aquéllos no reciclables y por último, clasificar las distintas variedades susceptibles de reciclar.

En función de la relación peso/volumen de los plásticos (1/3), es conveniente reducir el tamaño de los objetos a reciclar (mediante la molienda). Posteriormente se realiza el lavado del material mo-

lido, a fin de separarlo de partículas de tierra y restos de materia orgánica. Se extrae el agua de lavado y se somete el plástico a calentamiento, hasta fundirlo; el material se hace pasar por una matriz y luego por una cuchilla giratoria obteniéndose el plástico trozado (pelets), que servirá como materia prima en la fabricación de distintos objetos.

Es importante destacar que el reciclado de materiales plásticos generalmente no es rentable, ya que el proceso utiliza una gran cantidad energía y requiere mucha mano de obra para la clasificación de los distintos tipos de polímeros. No obstante, es imprescindible hacer el esfuerzo y afrontar el costo que esto implica, en favor de una mejor calidad ambiental.

### 3. Eliminación

La eliminación de los residuos plásticos puede hacerse de varias maneras:

**3.1. Descarga en basureros abiertos.** Este método relativamente barato, sencillo y accesible para cualquier comunidad, es el más antiguo y primitivo. Consiste en elegir un lugar que sea adecuado para tal fin, ubicado relativamente lejos de núcleos poblacionales, donde a posteriori se depositan los residuos a cielo abierto y se dejan a la intemperie para su descomposición.

Uno de los principales inconvenientes de este método radica en que estos basureros no sólo reciben materiales plásticos, sino residuos orgánicos, vidrios, metales, etc. y se convierten rápidamente en centros de proliferación de insectos, roedores y microorganismos que afectan la salud de la población. Por otra parte, la descomposición de materia orgánica genera olores desagradables y productos que contaminan el suelo, el aire y el agua de las napas superficiales (Nueva Escuela, 1995).

**3.2. Descarga en basureros enterrados (relleno sanitario).** Este método puede sintetizarse en las siguientes etapas:

- Elección de un terreno apropiado para enterrar la basura. Para ello, se deberá tener en cuenta la distancia de transporte, cantidad de espacio disponible, acceso al lugar, condiciones y topografía del suelo, hidrología del agua superficial, etc., (Estay y Saa Gamboa, 1997).
- Impermeabilización del terreno, cubriéndolo con un material plástico que impida la filtración de líquidos contaminantes hacia las napas subterráneas.
- Depósito de residuos, alternándolos con capas de tierra para disminuir la contaminación ambiental y favorecer el ataque de la materia orgánica por parte de bacterias. La degradación produce compuestos líquidos y gaseosos, algunos de los cuales son tóxicos. Es de destacar que entre los productos gaseosos generados se encuentra metano (gas combustible), que debe ser eliminado para evitar explosiones.

Esta clase de tratamiento puede considerarse como uno de los más eficaces y menos contaminantes, siempre que el terreno utilizado haya sido cuidadosamente impermeabilizado para evitar la contaminación de las aguas superficiales cercanas al relleno sanitario y se realice la adecuada eliminación de los gases generados.

A su vez, presentan el inconveniente de ser un método oneroso en función del gran requerimiento de terrenos, como así también la importante maquinaria necesaria para producir los movimientos

de basura y de terreno. Finalmente no hay aprovechamiento de ningún tipo de los recursos residuales enterrados.

**3.3. Plantas incineradoras.** Si bien esta alternativa de procesamiento de residuos presenta algunas ventajas, como por ejemplo el aprovechamiento energético, puede también llegar a ser la más perjudicial para el medio ambiente, debido a la alta contaminación que provocan los productos de la combustión en la atmósfera.

Tanto la basura doméstica orgánica como los residuos plásticos, se pueden quemar con facilidad generando importantes cantidades de energía.

En la Tabla 1 se presentan los valores de energía (en megajulios / kg) obtenidos en la combustión de diferentes plásticos y algunos de los combustibles usados más frecuentemente.

Inglaterra, en el año 1870, fue el primer país en contar con una planta incineradora de residuos a escala industrial, y a finales del siglo pasado ya se habían construido varias plantas en Estados Unidos y algunos países de Europa, de las cuales, algunas contaban con recuperadores de calor (Saiz, 1996), cumpliéndose así, dos objetivos simultáneamente: deshacerse de la basura y utilizar la energía liberada en la combustión.

Tipo de combustible	Energía de Combustión (MJ/kg)
Hidrógeno	121
Propano	50
Carbón	33
Madera	10
Polietileno	43
Polipropileno	44
Policloruro de vinilo (PVC)	18
Nylon	29
Policarbonato	29

Tabla 1 - Valores de energía de combustión de diferentes materiales.

No obstante, este método presenta serios problemas que provocan contaminación en el ambiente. La combustión de los plásticos produce unos 5.500 m<sup>3</sup> de humos por tonelada de desechos (Oschmann, 1995); por otra parte, algunos materiales como el PVC, muy usado en la fabricación de tuberías para riego y como aislante de cables eléctricos, liberan átomos de cloro que reaccionan con otros compuestos, formando sustancias tóxicas (por ejemplo ácido clorhídrico y dioxinas).

Por otra parte, se producen emanaciones de monóxido de carbono, como resultado de la combustión incompleta de los compuestos orgánicos.

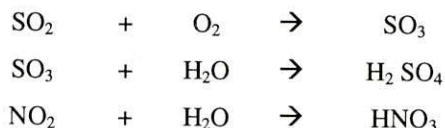
## Consecuencias indeseables de las plantas incineradoras

**Lluvia ácida.** En la incineración de residuos plásticos, así como en la combustión del carbón y del petróleo, se producen importantes emisiones de óxidos de nitrógeno y de azufre. Estos óxidos son perjudiciales para el medio ambiente debido a que en contacto con el agua y material particulado, forman ácidos nítrico y sulfúrico, a través de una serie compleja de reacciones, generando lo que conocemos como "lluvia ácida".

Este fenómeno, cuyo término surge a partir de los estudios realizados por el químico inglés Robert Angus Smith en 1872, es un problema que se origina con el advenimiento de la era industrial, como consecuencia de la quema de grandes cantidades de carbón y petróleo (Sitwell, 1984). Así, en la combustión de estos elementos se originan óxidos de nitrógeno y azufre que en contacto con el oxígeno y el agua de la atmósfera, se convierten en ácidos (por medio de las reacciones indicadas más abajo), precipitándose a la tierra como lluvia, nieve, granizo, niebla, etc.

El dióxido de azufre reacciona con el oxígeno del aire transformándose en trióxido de azufre, este último reacciona con el agua para dar ácido sulfúrico. Por su parte el dióxido de nitrógeno reacciona también con moléculas de agua y genera ácido nítrico.

El proceso de formación de dichos ácidos es complejo, pero puede sintetizarse como sigue:



**Efecto invernadero.** En las plantas incineradoras de plásticos se genera monóxido de carbono, el que junto al dióxido de carbono y el vapor de agua son los principales causantes del denominado "efecto invernadero".

Este fenómeno, cuyo nombre fue propuesto por Svante Arrhenius en 1896, se produce mediante un mecanismo altamente complejo, del cual se da a continuación una explicación simplificada.

De la energía del sol que llega a nuestro planeta, aproximadamente un 30 % se refleja hacia el espacio por medio de nubes o partículas de la atmósfera, un 20 % es absorbida por la atmósfera y el 50% restante es absorbida por la superficie de la tierra (Nueva Escuela, 1995). A su vez, la tierra emite energía en la zona del espectro electromagnético correspondiente al infrarrojo (IR).

Si bien no se puede establecer una correlación lineal debido a la presencia de varios ciclos dinámicos, una consideración simplificada del problema es la siguiente.

Algunas sustancias existentes en la atmósfera, tales como dióxido de carbono, agua y ozono absorben parte de la radiación emitida por la tierra, aumentando así, la temperatura de la atmósfera. Cuando la cantidad de dióxido de carbono se incrementa debido a la combustión de petróleo, carbón, restos plásticos, etc., aumenta la cantidad de moléculas que absorben radiación IR proveniente de la tierra, lo que eleva sustancialmente la temperatura de la atmósfera, completando el mecanismo propuesto por Arrhenius.

Finalmente, el aumento citado de la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera se estima tiene una dependencia con la cantidad de habitantes del planeta y con la demanda de energía fósil

(como combustible o para la petroquímica) (Zavatti, 1996), cuyas proyecciones se observan la Tabla 2.

Es importante destacar que sobre este punto no hay acuerdo en la literatura científica.

Año	Población Mundial (miles de millones)	Demanda de energía (tn de petróleo. $10^9$ )	Concentración de CO <sub>2</sub> atmosférico (ppm)
1985	4,7	6,5	300
2020	5- 5,5	10	500
2060	7 - 7,5	12	650

Tabla 2 - Proyección de la demanda de petróleo, concentración de CO<sub>2</sub> y población mundial.

## Conclusiones

Teniendo en cuenta los inconvenientes que causa la eliminación de productos plásticos, se puede decir que:

- Es necesario disminuir el consumo de productos que posean envases plásticos o de aquellos que tengan una gran cantidad de embalaje de este material.
- Es importante que se realice una clasificación antes de tirar los plásticos a la basura, de manera que lleguen a los vertederos o plantas recicladoras los plásticos clasificados y limpios. Esto produce una disminución sustancial en el costo del proceso de reciclado, ya que se requiere menor cantidad de mano de obra.
- A pesar de lo oneroso del proceso, es importante realizar el esfuerzo económico que implica, para reciclar la mayor cantidad posible de plásticos. Así se disminuye la cantidad de petróleo utilizado y la contaminación ambiental.
- Dentro de los tipos de eliminación a los que se pueden someter los plásticos, uno de los más interesantes es la incineración de los mismos. El volumen de los residuos se disminuye considerablemente (90%), a la vez que es posible la utilización de la energía desprendida en el proceso de combustión.
- Es de fundamental importancia que las plantas incineradoras cuenten con dispositivos eficaces a fin de poder controlar las emisiones de cenizas, óxidos de carbono, de nitrógeno y de azufre, ácido clorhídrico y dioxinas.

Se proponen a continuación algunas actividades que el docente puede realizar con sus alumnos.

### Actividad 1

***Hagamos una pequeña investigación en la Municipalidad de la ciudad donde vivimos, respecto de los siguientes ítems:***

- *¿Se clasifican los residuos domiciliarios antes de ser llevados a su destino definitivo?*



- *¿Existe en la comuna una planta de reciclaje de materiales poliméricos?*
- *En caso afirmativo:*
  - ¿Dónde está ubicada?*
  - ¿Cuál es su capacidad (en kg. o tn. de material) de reciclaje?*
  - ¿Qué tipo de plásticos se reciclan?*
  - ¿Cuántos operarios trabajan en la planta?*
  - ¿Cuál es el consumo de energía mensual aproximado en la planta de reciclaje?*
  - ¿Qué destino se les da a los materiales reciclados?*
- *En caso negativo:*
  - ¿Qué se hace con los materiales poliméricos desechados?*
  - ¿Cómo afectan estos residuos a la salud del hombre?*
  - ¿Son peligrosos para los animales y vegetales?*

## **Actividad 2**

### ***Realicemos un mini relleno sanitario***

*Necesitaremos dos botellas de plástico incoloras, cortadas por la mitad con sus tapas puestas y dos botellas sin tapa a las que se les ha retirado el fondo; cubrir el cuello y la parte superior de una de ellas con una tela porosa (por ejemplo nylon o gasa) y asegurarla con una bandita elástica; cubrir el cuello y la parte superior de la otra con una bolsita de plástico.*

*Insertar la botella tapada con la tela porosa, pico hacia abajo en la mitad inferior de una botella y hacer lo mismo con la otra; de esta manera podremos preparar dos rellenos sanitarios en diferentes condiciones, uno que puede gotear y otro en el que se juntarán los líquidos generados, en la parte inferior.*

*A cada relleno, se le pondrá 5 cm de grava, luego 2,5 cm de tierra y en el medio dos capas de 5 cm de basura que contenga plásticos, cascaras de frutas o pan, hojas, latas, pilas, etc., separadas por 2 cm de tierra y finalmente poner una capa de 4 cm de tierra y, para simular lluvia, agregar dos tazas de agua.*

*Posteriormente, tapar cada "relleno" con las partes superiores de las botellas, guardarlas en el aula al abrigo de la luz y controlar por varias clases qué está sucediendo con cada uno de los mini rellenos fabricados; anotar los cambios producidos en el color, olor, pH, etc. Observar el grado de descomposición producido en los plásticos y compararlo con los otros residuos enterados.*

*(Adaptado de "Basura, un Problema para Todos", Peace Corps, 1994)*

### Actividad 3

#### *¿Qué cantidad de desechos plásticos producimos en casa?*

*Dividamos al curso en grupos de 4 o 5 alumnos. Dos alumnos de cada grupo se encargarán de recoger todos los envases y bolsas plásticas desechadas en su hogar por el término de una semana. Al cabo de ese tiempo los alumnos llevarán al aula los residuos plásticos de su casa; cada grupo deberá pesar dichos residuos y hacer un cálculo estimativo del volumen que ocupa.*

*Con esos datos deberán determinar:*

- *Relación peso - volumen.*
- *Cantidad de residuos plásticos producidos por persona y por año.*
- *Cantidad de residuos plásticos producidos por año en la provincia.*

*Luego, se pedirá a los alumnos que intenten dar algunas alternativas de solución para disminuir la cantidad de residuos plásticos generados en el hogar ( consumir productos que posean poco embalaje, comprimir los residuos, someterlos a la acción del agua hirviendo o el fuego para disminuir el tamaño, etc.)*

### Bibliografía

- COTEC. 1994. "Proyecto de Ley de Optimización Ambiental". Senado y Cámara de Diputados - Honorable Congreso de la Nación.
- Estay, A. y Saá Gamboa, G. 1997. "Tratamiento de Residuos Industriales Sólidos y Líquidos". *Programa de Magister en Ciencias*. Universidad de La Serena, Chile.
- "Los plásticos y su reciclado". *Reciclado y Plásticos*. Editorial Emma Fiorentino Publicaciones Técnicas SRL. 1994. Buenos Aires. Año 3, N° 12, (14-16).
- Nueva Escuela, Ministerio de Cultura y Educación de la Nación. 1993. "Reciclaje de Residuos Domiciliarios". Diciembre, Vol. 7, (2 -6).
- Nueva Escuela, Ministerio de Cultura y Educación de la Nación. 1995. "Efecto Invernadero". Marzo, Vol. 19, (3 -6).
- Oschmann, C. 1995. "Quel procédé de valorisation pour les matières plastiques?" *L'Environnement*, N° 1542, (20 - 21).
- Peace Corps of the United States, 1994. "Basura, un Problema para Todos".
- Saiz, E. 1996. "Reciclado de Plásticos". *Programa de Magister de Educación en Ciencias*. Universidad de Alcalá de Henares, España.
- Sitwell, N. 1984. "Our Trees Are Dying". *Science Digest*, September, (39-48).
- Zavatti, J. 1996. "Efecto invernadero y población mundial". *Ciencia Hoy*, Vol. 6, N° 33, (1 - 3).