

La situación de los envases de plástico en México

ARTURO CRISTÁN FRÍAS, IRINA IZE LEMA Y
ARTURO GAVILÁN GARCÍA



INTRODUCCIÓN

Los plásticos son sustancias orgánicas de alto peso molecular que se sintetizan generalmente a partir de compuestos de bajo peso molecular. También pueden obtenerse por modificación química de materiales naturales de alto peso molecular (en especial la celulosa). La mayoría de los compuestos denominados “plásticos” son polímeros sintetizados a partir de compuestos orgánicos.

Los plásticos se caracterizan por una alta relación resistencia/densidad, que son propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y de buena resistencia a los ácidos, álcalis y solventes. Las enormes moléculas de las que están integradas pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Se pueden dividir en dos grandes grupos en función de su comporta-

miento ante el calor: los que son termoplásticos y los plásticos termoestables. Los primeros se caracterizan por estar compuestos de moléculas lineales con pocos o ningún enlace cruzado, que se reblandecen al calentarse y empiezan a fluir; al enfriarse se vuelven sólidos nuevamente. Este proceso se puede repetir numerosas veces.

Ocurre lo contrario con los productos termoestables, los cuales consisten inicialmente de moléculas lineales que por calentamiento forman irreversiblemente una red de enlaces cruzados, dando un producto final generalmente más duro, fuerte y resistente al calor que un termoplástico.

polímeros de adición. Las reacciones de condensación producen diferentes longitudes de polímeros y generan pequeñas cantidades de subproductos, como agua, amoníaco y etilenglicol mientras que las reacciones de adición producen longitudes específicas y no producen ningún subproducto; las masas moleculares medias de los polímeros de adición son generalmente mayores que las de los polímeros de condensación. Algunos polímeros típicos de condensación son el nylon, los poliuretanos y los poliésteres. Entre los polímeros de adición se encuentran el polietileno, el polipropileno, el policloruro de vinilo y el poliestireno.

CUADRO 1. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE TERMOPLÁSTICOS Y TERMOESTABLES

TERMOPLÁSTICOS	TERMOESTABLES
<ul style="list-style-type: none"> · Se usa material fundido en la etapa de conformación en líquidos · Se endurecen al solidificar el material fundido · Estados sólido-líquido reversibles · Es posible la recuperación de los desperdicios · Hay una temperatura máxima de uso · Al tratar el material fundido se orientan, por lo común, las cadenas del polímero 	<ul style="list-style-type: none"> · Se usan polímeros líquidos o gomosos de menor peso molecular en la conformación · Endurecen por reacción química, con frecuencia por formación de enlaces cruzados de las cadenas · El líquido se convierte irreversiblemente en un sólido · No pueden recuperarse directamente los desperdicios · Muchas veces pueden soportar altas temperaturas · Pueden manejarse con baja orientación

Fuente: Morton-Jones 1993.

Adicionalmente, existe un tercer grupo de plásticos llamados elastómeros, que son materiales elásticos tipo caucho, formados generalmente por macromoléculas débilmente entrecruzadas. En el cuadro 2 se resumen las características más importantes de estos tres grupos de polímeros.

Por el proceso de polimerización, los plásticos se pueden clasificar en polímeros de condensación y

USOS Y APLICACIONES

Una de las aplicaciones principales del plástico es el empaquetado. Se comercializa una buena cantidad de polietileno de baja densidad en forma de rollos de plástico transparente para envoltorios. El polietileno de alta densidad se usa para películas plásticas más gruesas, como la que se emplea en las bolsas de

CUADRO 2. COMPARACIÓN DE DIFERENTES CLASES DE PLÁSTICOS

GRUPO	ESTRUCTURA	ASPECTO FÍSICO	DENSIDAD	COMPORTAMIENTO AL CALOR	COMPORTAMIENTO A LOS DISOLVENTES
Termoplásticos		Parcialmente cristalino; tipo varilla a flexible; translucido, lechoso u opaco, sólo los filmes delgados son transparentes.	0.9 - 1.4 (excepto PTFE, 2 - 2.3)	Materiales blandos; se hacen transparentes al fundirse; con frecuencia las fibras pueden fundirse a partir del fundido; sellado por calor (existen excepciones).	Pueden hincharse, normalmente difíciles de disolver en disolventes fríos, pero suelen disolverse en disolventes calientes.
	Macromoléculas lineales o ramificadas	Amorfos: incoloros, claros y transparentes sin aditivos; duros a elásticos (por adición de plastificantes).	0.9 - 1.9		Solubles (con algunas excepciones) en ciertos disolventes orgánicos, normalmente después de un hinchamiento inicial.
Termoestables (después del procesado)	Normalmente macromoléculas muy entrecruzadas	Duros, normalmente contienen cargas y son opacos; sin carga son transparentes.	1.2 - 1.4 (con cargas 1.4 - 2.0)	Permanecen duros; dimensionalmente estables hasta casi la descomposición química	Insolubles, no se hinchan o a lo sumo ligeramente.
Elastómeros	Normalmente macromoléculas ligeramente entrecruzadas	Elasticidad tipo caucho y capacidad para ser estiradas	0.8 - 1.3	No fluyen hasta temperaturas próximas a la descomposición química	Insolubles, pero suelen hincharse.

Fuente: Braun 1990.

basura. Se utilizan también en empaquetado el polipropileno, el poliestireno, el policloruro de vinilo (PVC) y el policloruro de vinilideno. Este último se usa en aplicaciones que requieren hermeticidad, ya que no permite el paso de gases (por ejemplo, el oxígeno) hacia dentro o hacia fuera del paquete. De la misma forma, el polipropileno es una buena barrera contra el vapor de agua; tiene aplicaciones domésticas y se emplea en forma de fibra para fabricar alfombras y sogas.

El polietileno de alta densidad se usa en tuberías, del mismo modo que el PVC. Este último se emplea también en forma de láminas como material de construcción. Muchos plásticos se utilizan para aislar cables e hilos; el poliestireno aplicado en forma de espuma sirve para aislar paredes y techos. También se hacen con plástico los marcos para puertas, ventanas, techos, molduras y otros artículos.

CUADRO 3. PRODUCCIÓN, IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE RESINAS SINTÉTICAS

AÑO	RESINAS TERMOPLÁSTICAS (TON)	RESINAS TERMOESTABLES (TON)	TOTAL (TON)
<i>Producción</i>			
1997	1,622,976	388,352	2,011,328
1998	1,761,946	418,377	2,180,323
1999	1,897,765	457,649	2,355,414
2000	1,964,734	460,970	2,425,704
<i>Importación</i>			
1997	719,169	22,579	741,748
1998	913,791	25,638	939,429
1999	1,172,587	24,631	1,197,218
2000	1,267,549	30,260	1,297,809
<i>Exportación</i>			
1997	448,300	33,732	482,032
1998	473,186	35,237	508,423
1999	523,690	42,573	566,263
2000	480,744	46,536	527,280
<i>Consumo aparente</i>			
1997	1,893,845	377,199	2,271,044
1998	2,202,551	408,778	2,611,329
1999	2,546,662	439,707	2,986,369
2000	2,751,539	444,694	3,196,233

Fuente: ANIQ 1999 y 2001.

RIESGOS A LA SALUD Y AL AMBIENTE

En la actualidad, en todo el mundo, incluyendo México, existe una problemática importante por la contaminación del agua, aire y suelo, ocasionada en gran medida, por los grandes volúmenes de residuos que se generan diariamente y que recibe escaso o nulo tratamiento adecuado. Esta situación se agrava porque la basura, que está conformada por residuos de composición muy variada, generalmente se junta y

mezcla durante las labores de recolección lo que dificulta su manejo final.

Si bien por sus características de peligrosidad la mayoría de los plásticos sintéticos no representan un riesgo para el ambiente, sí son un problema mayor porque no pueden ser degradados por el entorno. Al contrario de lo que ocurre con la madera, el papel, las fibras naturales o incluso el metal y el vidrio, los plásticos no se oxidan ni se descomponen con el tiempo. Se han desarrollado algunos plásticos biodegradables,

pero ninguno ha demostrado ser válido para las condiciones requeridas en la mayoría de los vertederos de basura. Su eliminación es por lo tanto, un problema ambiental de dimensiones considerables.

Un método práctico para solucionar este problema es el reciclaje, que se utiliza, por ejemplo, con las botellas de bebidas gaseosas fabricadas con tereftalato de polietileno, lo que representa un proceso bastante sencillo.

SITUACIÓN DE LA INDUSTRIA DE LAS RESINAS SINTÉTICAS EN MÉXICO (TENDENCIAS DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO)

La capacidad instalada de la industria de resinas sintéticas alcanzó aproximadamente 2.5 millones de toneladas, de las cuales el 77% corresponde a resinas termoplásticas y el 23% a resinas termoestables.

CUADRO 4. PARTICIPACIÓN RELATIVA EN EL MERCADO DE RESINAS SINTÉTICAS EN MÉXICO

Resina	CONSUMO APARENTE (TON)			
	1997	1998	1999	2001
<i>Resinas termoplásticas</i>	1,893,845	2,202,551	2,546,662	2,566,599
Policloruro de vinilo (PVC)	269,705	293,832	333,214	337,679
Poliestireno (PS)	216,131	240,756	257,926	153,346
Polipropileno (PP)	367,939	443,827	489,165	575,616
Polietileno alta densidad (PEAD)	418,839	472,193	507,506	552,915
Polietileno baja densidad (PEBD)	515,300	585,070	727,675	649,852
Polietilentereftalato (PET)	105,931	166,873	231,176	297,191
<i>Resinas termoestables</i>	377,198	408,778	439,707	447,809
Breas esterificadas	6,511	7,750	8,861	8,400
Diocitilftalato (DOP)	53,150	59,510	60,453	60,617
Emulsiones PVA y acrílicas	85,026	89,933	97,290	88,527
Poliuretano	60,992	65,091	74,099	69,152
Resinas alcídicas	30,500	34,404	37,892	38,352
Resinas fenol formaldehído	17,499	19,023	19,808	21,141
Resinas fumáricas	768	1,027	1,121	1,067
Resinas melamina formaldehído	9,212	9,743	10,485	12,192
Resinas maléicas	3,661	3,894	4,391	6,242
Resinas poliéster	35,200	40,565	42,724	53,536
Resinas urea formaldehído	74,679	77,838	82,583	88,583
Total	2,271,043	2,611,329	2,986,369	3,014,408

Fuente: ANIQ 1999 y 2001.

FIGURA 1. USOS DEL POLICLORURO DE VINILO HOMOPOLÍMERO

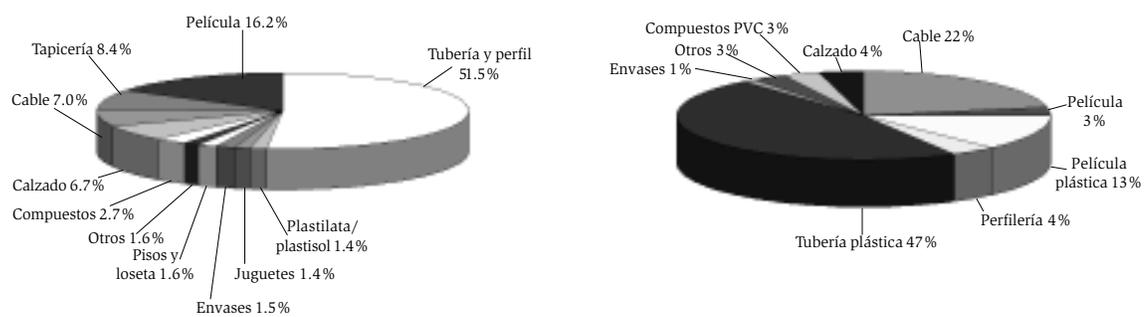


FIGURA 2. USOS DEL POLIESTIRENO

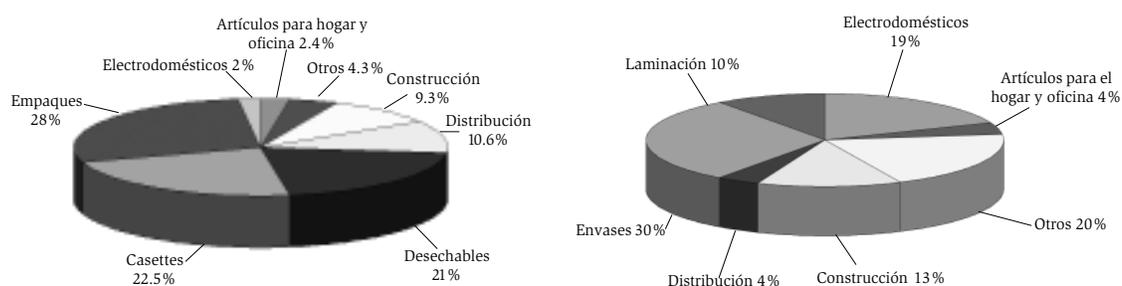
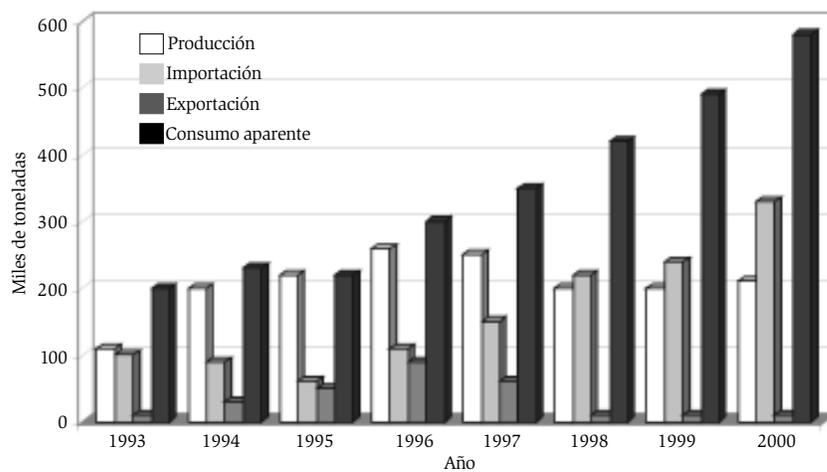


FIGURA 3. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE POLIPROPILENO



Fuente de las gráficas de esta página: ANIQ 1999 y 2001.

FIGURA 4. USOS DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

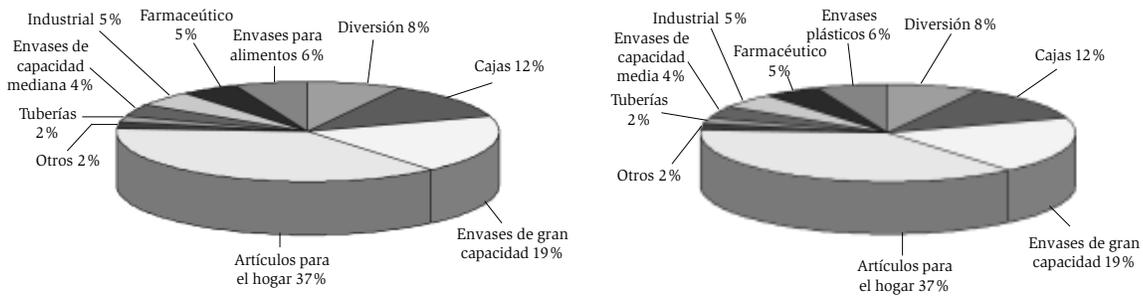


FIGURA 5. USOS DEL POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

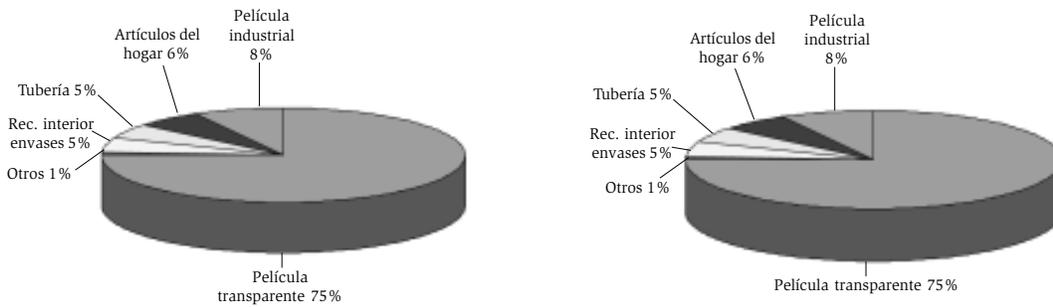


FIGURA 6. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE POLIETILENTEREFTALATO (PET) (GRADO BOTELLA)

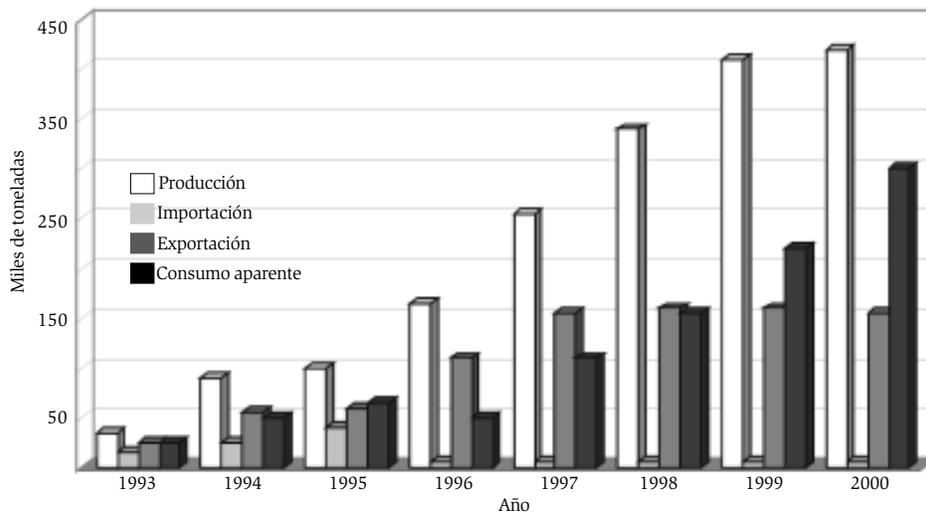
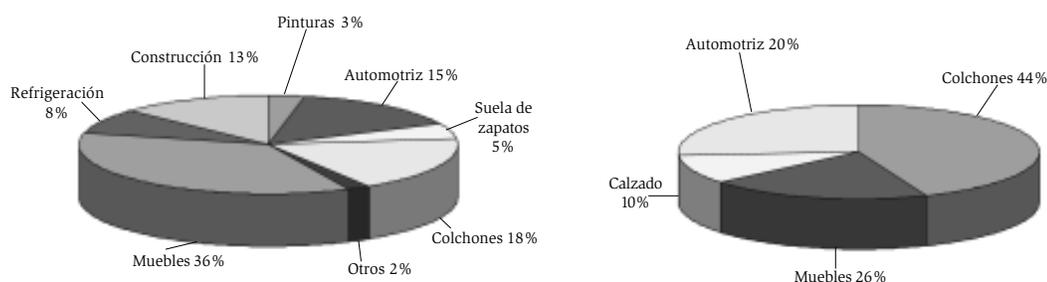


FIGURA 7. USOS DEL POLIURETANO



Fuente: ANIQ 1999 y 2001.

COMPOSICIÓN DE LA BASURA EN MÉXICO

Dado el desarrollo económico e industrial, en nuestro país se produce maquinaria, bienes de inversión y de consumo y, como consecuencia de estos procesos, se generan residuos y desechos que en conjunto producen contaminación ambiental.

Como puede observarse en el cuadro 5, la basura está compuesta por varios materiales susceptibles de recuperación para ingresar nuevamente a una cadena productiva, de tal forma que no representen un problema ni un riesgo a la población y al ambiente.

Uno de los mayores problemas a los que se enfrenta el país en materia ambiental es el consumo del plástico; de acuerdo con el Instituto Nacional de Recicladores, AC (INARE), en 1997, el consumo aparente en México fue de 29 kg/habitante, y se espera que para el año 2005 sea de 49 kg/habitante, considerando que los residuos plásticos al año son alrededor de 1,121,000 ton, recolectándose únicamente 12% del plástico desechado.

En general los desperdicios de plásticos están básicamente formados por:

- polietileno de baja densidad (PEBD),

CUADRO 5. COMPOSICIÓN DE LA BASURA EN MÉXICO

COMPONENTE	%
Desechos orgánicos	47
Papel	14
Otros	14
Plásticos	11
Materiales peligrosos	10
Metales	2
Vidrio	2

Fuente: INARE 2000.

- polietileno de alta densidad (PEAD),
- policloruro de vinilo (PVC),
- polipropileno (PP),
- poliestireno (PS) y
- polietilentereftalato (PET)

ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO (USO, RECICLADO, DISPOSICIÓN FINAL Y DESTRUCCIÓN)

Para resolver el problema de los residuos existen diferentes alternativas, entre otras:

- Relleno sanitario: es un lugar legalmente utilizado donde se depositan las basuras municipales después de la clasificación o selección. Se clasifican en mecánicos y rústicos: en ambas variantes los residuos se distribuyen en 20 a 30 cm de espesor y se compactan formando una celda que deberá recubrirse con una capa de tierra entre 15 y 20 cm, esparcida y compactada igual que los residuos.
- Pepena: es un sistema de clasificación mecánica y/o manual de la basura en sus diferentes componentes, tales como vidrio, metales, plásticos y otros, realizada en los llamados tiraderos a cielo abierto. Esta técnica no es muy eficiente debido a que alrededor del 30% de la basura producida se queda en barrancas, ríos y calles; mientras que del 70% que llega a los tiraderos, sólo 40% se aprovecha, debido a que el otro 30% no puede separarse por consistir en materiales destruidos y en vías de putrefacción.
- Compactación: este método reduce el volumen que ocupan los residuos, con la aplicación de altas presiones ejercidas sobre ellos. Este sistema no ha dado resultado porque se ha observado que estructuralmente falla la compresión y que con el tiempo la degradación de los materiales rompe el mismo tabique.

- Incineración: esta técnica consiste en eliminar la mayor parte del volumen de los residuos mediante su combustión, a través de la cual se transforman los desechos en gases, cenizas y escoria, con el fin de reducir el volumen y aprovechar la energía producida en ésta.
- Reciclado: reciclar significa que todos los desechos y desperdicios que generamos en nuestras vidas se vuelven a integrar a un ciclo natural, industrial o comercial mediante un proceso cuidadoso que permita llevarlo a cabo de manera adecuada y limpia.

Un ejemplo de posibles métodos para reciclado de botellas elaboradas con PET se describe en las figuras 8 y 9, mismos que contribuyen en gran escala a la reducción del volumen de la basura, convirtiéndose en una oportunidad para la creación de negocios de alta rentabilidad en el reciclado de plásticos.

TENDENCIAS MUNDIALES

En 1993, se produjeron 1,000 millones de toneladas de basura en el mundo, que se traducen en 2.7 millones de toneladas diarias; si se considera que representan una densidad de 200 kg/m³, de este volumen sólo 30% recibió un tratamiento y el resto se convirtió en un problema ambiental.

El reciclado de plásticos se encuentra aún en su primera etapa en países como México y América Latina. Afortunadamente, se ha desarrollado en países como Alemania, Japón y Estados Unidos de América, quienes han desarrollado programas de recolección de residuos, teniendo éxito después de varios años. Estos programas se fundamentan en un cambio de cultura, en la que los pobladores conocen y reconocen la diferencia entre las distintas especies de materiales y los separan al final de su vida útil.

SITUACIÓN DE ALEMANIA EN EL MANEJO DE LOS ENVASES PLÁSTICOS

En 1993 se realizó un estudio sobre los contenidos e instrumentos del *Decreto sobre Empaques* por el Instituto de Investigación sobre Innovación Aplicada (IIAI, por sus siglas en inglés) de Bochum, Alemania. En términos generales, el análisis señala los requisitos generales que deben cumplir los fabricantes y distribuidores de productos empacados.

Como una reacción al *Decreto sobre empaques*, 95 empresas líderes de la industria y el comercio fundaron en 1990 una asociación denominada Punto verde (*Green Dot*). El objetivo que se persigue es la creación y el mantenimiento de un sistema para la recolección, clasificación y reciclaje de los empaques para venta. De este modo, el sistema se implementó a nivel nacional.

Los estudios realizados por el IIAI muestran que los esfuerzos estrictamente impuestos para ahorrar costos de materiales han logrado reducciones exitosas de materiales de empaque durante las últimas décadas. Sin embargo, el análisis demuestra que el *Decreto sobre Empaques* sólo ha tenido efectos marginales sobre la reducción en la cantidad de materiales de empaque que se utiliza en la etapa de producción. Esto se debe a que la cuota de autorización generalmente se transfiere al consumidor; asimismo el diseño del empaque está determinado principalmente por el producto y la demanda del mercado, así como por las expectativas de los consumidores y los comerciantes.

PAÍSES EUROPEOS

En Europa existe una jerarquía para el manejo de los residuos sólidos, cuyos principales objetivos en orden de importancia son: reducción, reciclaje, recuperación de energía y, por último, disposición final en rellenos sanitarios o incineración sin recuperación de energía, que serían las opciones menos recomendables.

La legislación *Alemana Due* es la precursora para la elaboración de la legislación europea en materia de recolección y reciclaje de envases, actualmente 15 países entre los que se encuentran Austria, Bélgica, Francia, Gran Bretaña, España, Portugal y Suecia, se encuentran desarrollando sistemas de recolección.

Debido al enfoque de responsabilidad extendida de fabricantes, en países como Alemania y Austria tienen costos muy altos ya que toda la responsabilidad recae en los fabricantes (ensambladores); en Bélgica y Francia se sigue un enfoque de responsabilidad compartida, donde las autoridades juegan un papel en todo el sistema de recolección y sólo el costo adicional por encima del costo normal del manejo y disposición de los residuos es pagado a través de los sistemas alternativos.

Estados Unidos de América

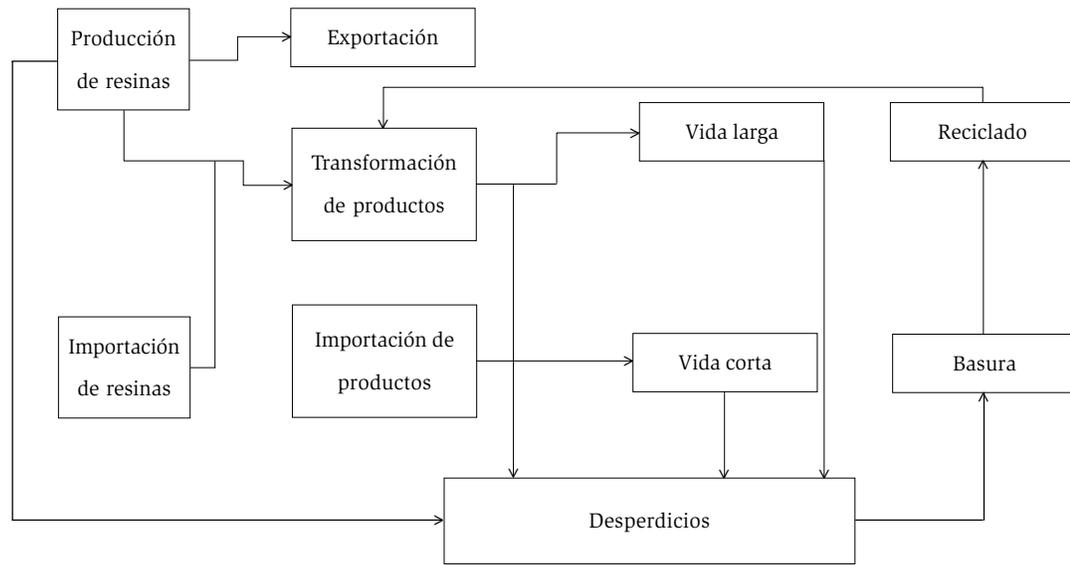
En los Estados Unidos de América, tradicionalmente los residuos eran recolectados y posteriormente se depositaban en los sitios de disposición final, pero en la última década se introdujo el manejo integral, que incluye programas de reciclaje, compostaje e incineración y, como última alternativa, disposición tradicional.

El sector privado es quién se dedica a la recolección de residuos. En los últimos años, la competencia entre los diferentes recolectores privados ha fomentado un enorme número de innovaciones, tales como nuevos tipos de camiones de recolección o camiones especializados en transportar los residuos reciclables para su posterior reprocesamiento, lo cual ha generado una reducción de hasta 20% en los costos de reciclaje.

ALTERNATIVAS DE MÉTODOS PARA LA DEGRADACIÓN DE PLÁSTICOS

Las envolturas plásticas son ciertamente un componente muy visible de los tiraderos, por ello, las en-

FIGURA 10. CICLOS DE PRODUCTOS PLÁSTICOS



Fuente: Hernández y González 1997.

volturas degradables pueden ser de gran ayuda para reducir el problema en los rellenos sanitarios. Como resultado se han impuesto legislaciones para el desarrollo del plástico, principalmente en algunos países de Europa y Estados Unidos de América, lo cual a su vez ha propiciado el desarrollo de tecnologías para mejorar la fabricación de plásticos degradables.

Los resultados obtenidos actualmente se basan en la adición de ciertas sustancias al plástico que provoquen su desintegración, y se distinguen de acuerdo con el medio que la ocasiona, de tal forma que existen diferentes tipos de degradación.

La utilización de polímeros ha aumentado considerablemente en los últimos años dada su fácil obtención y los bajos costos que tienen en comparación con materiales de origen natural así como su diversidad de usos. De aquí surge la necesidad de estudiar la degradación de polímeros, ya que ahora se necesita reducir la cantidad de desechos que se

generan por el uso de los materiales poliméricos y su poca compatibilidad con el ambiente.

Dado lo anterior, se viene tratando de desarrollar un método de degradación con una eficiencia superior a la que la mayoría de los métodos ofrecen. Es importante no perder de vista que cada método depende del tipo de material polimérico que se vaya a tratar, así como de conocer el volumen de materia a degradar y el costo que involucra la degradación.

TIPOS DE DEGRADACIÓN POLIMÉRICA

Existen diferentes maneras de clasificar los tipos de degradación de acuerdo con los factores que intervienen:

Degradación ambiental, considera al polímero sometido a la influencia de los elementos naturales o bien toma en cuenta los efectos del uso o las condiciones de aplicación sobre su vida útil. Todos los polímeros sujetos a exposiciones a la

atmósfera se degradan de diferente manera, dependiendo de su composición.

Degradación acelerada, consiste en someter al material polimérico a condiciones climatológicas diferentes a las cuales fue diseñado, lo que va a repercutir en su tiempo de vida útil.

Degradación física, engloba a todos los fenómenos que interaccionan con los polímeros sin modificar la estructura química de los mismos. En este tipo de envejecimiento se consideran dos fenómenos: uno que implica transferencia de masa y otro en el que no la hay.

Degradación química, implica la modificación estructural del material polimérico expuesto a determinadas condiciones como puede ser la luz, la temperatura en presencia o ausencia de oxígeno, los disolventes, los diferentes tipos de radiación y diversos microorganismos.

Degradación térmica, es aquella que se origina por los efectos térmicos. Se caracteriza por la ruptura de enlaces químicos y, una vez que los enlaces químicos empiezan a romperse, se crean cadenas reactivas y radicales libres.

La degradación térmica se puede clasificar en dos grupos:

- Depolimerización o reacciones de ruptura de cadena;
- Reacciones de sustitución o sin ruptura de cadenas.

Degradación mecánica, comprende los fenómenos de fractura así como los cambios químicos inducidos por esfuerzos mecánicos. Generalmente se refiere a efectos macroscópicos debidos a la influencia de esfuerzos cortantes, además de las rupturas de las cadenas del polímero.

Degradación biológica, es un tipo de degradación química fuertemente relacionada con un ataque microbiano debido a que los microorganismos



producen una gran variedad de enzimas capaces de reaccionar con polímeros naturales y sintéticos.

La biodegradación de polímeros naturales es común en forma de degradaciones incompletas, tales como la degradación de combustibles provenientes del petróleo y las degradaciones completas de proteínas y lípidos para propósitos nutritivos.

Los productos naturales que son susceptibles al ataque biológico son:

- Plásticos industriales: hidrolizables por bacterias y hongos
- Goma natural: parcialmente consumible por microorganismos de suelo.
- Almidón: degradado fácilmente por bacterias y hongos
- Celulosa: atacada por agentes biológicos, mediante hidrólisis enzimática

FIGURA 11. MÉTODOS DE DEGRADACIÓN



Fuente: Rosales 2001.

Degradación de polímeros por Inducción de luz o fotodegradación. La fotodegradación es el proceso por el cual la luz solar afecta a las sustancias poliméricas y otros compuestos orgánicos, reduciendo principalmente el peso molecular de los mismos, lo que ocasiona que éstos pierdan sus propiedades físicas y mecánicas de una manera irreversible, lo que se manifiesta en: decoloración, formación de grietas y ampollas sobre la superficie, fragilidad, pérdida de propiedades de resistencia e incremento en la conductividad eléctrica, por mencionar sólo algunos efectos.

CONCLUSIONES

- Por sus propiedades, los envases de plástico no representan un riesgo ambiental, pero por su volumen pueden llegar a tener impacto sobre los cuerpos de agua y suelo.
- La producción, exportación y consumo aparente de resinas para envases plásticos a base de

PET va en aumento en nuestro país, mientras que las importaciones han disminuido:

CONCEPTO	1993	2000
Producción	33,289	420,462
Importación	15,345	1,437
Exportación	24,655	124,708
Consumo	23,979	297,191

- Hay pocas experiencias exitosas en el mundo para el manejo adecuado de este tipo de residuos.
- Un programa para su control deberá incluir varias estrategias de índole económico, educativo y regulatorio.
- El costo de la materia prima virgen es más económico que el de la materia reciclada, por ende hay pocos incentivos para la reutilización.
- La industria fabricante debe asumir la responsabilidad compartida con el consumidor y los



entes regulatorios en la implementación de programas viables para el manejo de este tipo de residuos.

BIBLIOGRAFÍA

ANIQ (Asociación Nacional de la Industria Química, AC)
2001. *Anuario estadístico de la industria química mexicana*. ANIQ, México.

— 1999. *Anuario estadístico de la industria química mexicana*. ANIQ, México.

Braun, D. 1990. *Métodos sencillos de identificación de plásticos*. Editorial Pulsar, España.

Choppin, G. R. y B. Jaffe 1969. *Química: Ciencia de la material, la energía y el cambio*. Publicaciones Culturales, S. A., México.

Dabney B. J. (ed.) 1999. *REPROTEXT Database*. MICROMEDEX, Englewood, Colorado (Delivery method [CD-ROM]), (Edition expires [October 31, 1999]) Volume 42.

David Gidi, A. 1998. El valor de la normatividad en el manejo de los residuos sólidos. En: Instituto Nacional

de Ecología. *Memorias: Seminario internacional sobre manejo integral de residuos sólidos*. SEMARNAP, México.

Draeger, K. 1998. Manejo de residuos sólidos: La costosa experiencia europea. En: Instituto Nacional de Ecología. *Memorias: Seminario internacional sobre manejo integral de residuos sólidos*. SEMARNAP, México.

Hall A. H. y B. H. Rumack (eds.) 1999. *TOMES System*. MICROMEDEX, Englewood, Colorado (Delivery method [CD-ROM]), (Edition expires [October 31, 1999]), Volume, 42.

Hernández, C. y S. González 1997. *Reciclaje de residuos sólidos municipales*. México. Programa Universitario del Medio Ambiente, México.

Huerta Jiménez, O. S. 1993. Técnicas y procesos para reciclado del polietileno tereftalato, grado envase, aplicados a la ciudad de México. Tesis. México. Facultad de Química, UNAM.

Instituto Nacional de Ecología 1998. *Memorias: Seminario internacional sobre manejo integral de residuos sólidos*. SEMARNAP, México.

- Instituto Nacional de Recicladores, A. C. (INARE) 2000. Comunicación personal.
- Microsoft 2002. *Enciclopedia Microsoft Encarta 2002*. Latinoamérica. Microsoft Corporation.
- Morton-Jones, D. H. 1993. *Procesamiento de plásticos*. Limusa Noriega Editores, México.
- Ramírez, P. 2000. *El reciclaje en México*. Instituto Nacional de Recicladores, A.C., México.
- Rosales Ruiz M. A. 2001. Degradación de polímeros. Tesis. México. Facultad de Química, UNAM.
- Scialli, A. R. 1999. *The REPROTOX System*. Georgetown University Medical Center and Reproductive Toxicology Center, Columbia Hospital for Women Medical Center, Washington, D.C. (Delivery method [CD ROM]), MICROMEDEX, Englewood, Colorado (Edition expires [October 31, 1999]).



Arturo Cristán Frías. Consultor y ex funcionario federal especializado en temas de residuos.
Irina Ize Lema. Subdirectora de investigaciones para la evaluación de riesgos ambientales del Instituto Nacional de Ecología.
Correo-e: arize@ine.gob.mx.
Arturo Gavilán. Jefe de departamento de Estudios de análisis comparativos de riesgo ambiental. Instituto Nacional de Ecología.
Correo-e: agavilan@ine.gob.mx.