

MATERIALES PLASTICOS

BIODEGRADABILIDAD

BOLSAS PLASTICAS

INDICE

1. Introducción -----	1.-
2. Mecanismo de degradación de materiales plásticos -----	2.-
3. Bolsas y Envases Plásticos -----	6.-
4. Los plásticos biodegradables y oxodegradables -----	8.-
5. Otras Consideraciones -----	10.-
6. Referencias Bibliográficas -----	11.-
7. ANEXO I: Normas para caracterización de materiales plásticos desde el punto de vista ambiental -----	12.-
8. ANEXO II: Información de experiencias en otros países -----	16.-

1. Introducción

Los polímeros son macromoléculas sintéticas o naturales formados por unidades pequeñas denominadas monómeros, unidas químicamente entre sí formando una cadena de alto peso o masa molecular. Algunos ejemplos de polímeros naturales incluyen proteínas, hidratos de carbono, ácidos nucleicos. Los polímeros sintéticos han sido desarrollados para desempeñarse con durabilidad y resistencia frente a diferentes formas de degradación. Estas características y otras como rigidez, permeabilidad a gases y vapor de agua, transparencia, pueden ser controladas a través de cambios en el proceso de síntesis del polímero, la variación de masa molecular, la incorporación de aditivos específicos, y las tecnologías de producción de objetos plásticos (1). Los plásticos entonces resultan ser materiales versátiles y son empleados en diversas aplicaciones, como por ejemplo:

- envases (para alimentos, cosméticos, fármacos, herbicidas, plaguicidas, insecticidas, productos industriales) y accesorios de envases: sachets, botellas, potes, frascos, bidones, sifones, blister, film stretch, bandejas, tapas de bandejas, etiquetas termocontraíbles, tapas de botellas, tapones, etc.;
- embalajes (cajones, film stretch y termocontraíbles, pallets, zunchos, etc.);
- bolsas de supermercado, de residuos domiciliarios, de residuos patogénicos, etc.
- productos de uso en medicina (jeringas, bolsas de suero, bolsas de sangre y hemocomponentes, líneas hemáticas para diálisis externa, dializadores, sondas, bolsas de colostomía, etc.);

- construcción (tuberías para la provisión de agua potable, tuberías para desagües, cables eléctricos, cable canal, perfiles de ventanas y puertas, pisos, revestimientos para paredes, membranas para techos, geomembranas, etc.);
- plasticultura (películas para invernaderos, mulching, silo-bolsas, caravanas para marcado de ganado, etc.);
- indumentaria (suelas de zapatillas, calzado, botas, guantes, fibras textiles, etc.);
- artículos deportivos (mochilas, bolsos, colchonetas inflables, pelotas, etc.);
- juguetes, elementos de puericultura (mordillos, biberones, chupetes, etc.)
- industria automotriz (autopartes), industria aero-espacial, electrodomésticos
- artículos de confort (muebles, sillas, sillones, CDs, DVDs, etc.)
- artículos varios (tarjetas de crédito, mangueras para riego, utensilios de uso en el hogar, útiles escolares, etc.).

2. Mecanismo de degradación de materiales plásticos

Los materiales plásticos pueden ser clasificados en función del tipo de degradación que sufren durante la exposición a ambientes específicos.

La **degradación** de materiales poliméricos es el proceso irreversible que produce cambios significativos en la apariencia, propiedades mecánicas y físicas, y en la estructura química, que pueden medirse por medio de ensayos normalizados (1, 2). La degradación está afectada por las condiciones medioambientales y varía en función del tiempo, comprendiendo una o más etapas (1).

Según algunos autores, se entiende por **degradación** de polímeros, al fenómeno que involucra la ruptura química de las macromoléculas que lo constituyen (3).

La Figura 1 muestra los diferentes niveles de alteración que puede sufrir un material plástico (3).

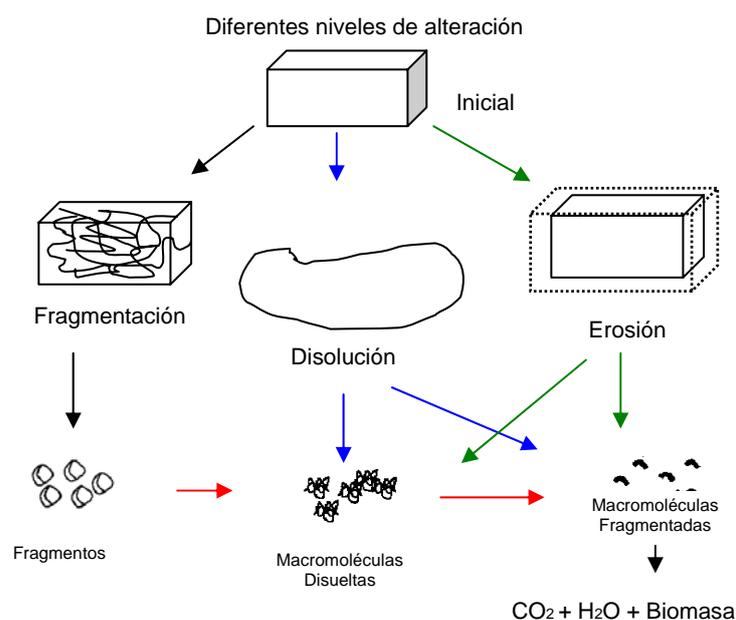


Figura 1: Niveles de alteración de un material plástico

La formación de fragmentos o disolución de las moléculas no necesariamente se corresponde con la ruptura química de las macromoléculas (moléculas de menor masa molar). La alteración refleja hasta aquí la desaparición del objeto original solamente.

Los fragmentos sólidos del material plástico liberados al ambiente (sean o no visibles), pueden producir serios daños. De la misma manera los fragmentos dispersos o disueltos en medio acuoso pueden ser adsorbidos por minerales y permanecer en ellos, o pueden alcanzar las aguas subterráneas, quedando allí como residuos dispersos permanentes en la naturaleza.

La ruptura de las macromoléculas en fragmentos moleculares considerados como "bioestables" es el tercer estadio de degradación, donde las moléculas de baja masa molar generadas podrían ser aun más tóxicas que las originales de alta masa molar. Este estadio de degradación aumenta el problema de la interacción del ambiente y los organismos vivos con los productos de degradación

El último estadio de degradación es complejo, e incluye la formación de biomasa, dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O), si la degradación es aeróbica, y metano (CH_4) si es anaeróbica.

La **biodegradación** es el consumo de sustancias por parte de microorganismos siguiendo vías metabólicas catalizadas por enzimas segregadas por éstos. Por ejemplo, en el caso de **biodegradación aeróbica**, los productos de degradación son biomasa, dióxido de carbono, agua y minerales. Existen también procesos de **biodegradación anaeróbica**, siendo los productos usualmente biomasa, biogas (principalmente metano), agua, metabolitos intermedios y minerales (1, 3, 4, 5). Las enzimas microbianas catalizan la ruptura de materiales complejos usados como sustratos (polímeros) en unidades más simples susceptibles de ser asimiladas por los microorganismos, para la formación de biomasa (**bioasimilación**) (1, 3).

El **grado de biodegradación** depende de condiciones ambientales tales como temperatura, humedad, presión parcial de oxígeno (degradación aeróbica o anaeróbica); de la composición de la flora microbiana; y del tipo de sustrato en cuestión y su pH (1, 12).

Mientras muchos polímeros naturales tales como las proteínas, los polisacáridos y el material genético (DNA, RNA), son fácilmente biodegradables por los microorganismos, éstos carecen de enzimas capaces de romper las uniones de las cadenas macromoleculares de los polímeros sintéticos convencionales, es decir los plásticos más usados (polietileno, polipropileno, PVC, poliestireno, PET, etc.) (1, 3, 4).

Los **biopolímeros** representan un nuevo grupo de materiales dentro de la familia de los plásticos, que presentan nuevas propiedades, como ser biodegradables en determinados ambientes en un tiempo determinado, o materiales que provienen de fuentes renovables (6).

Los **bioplásticos** entonces definen dos tipos de plásticos:

- Plásticos fabricados a partir de materias primas renovables (el foco está puesto en el origen de la materia prima empleada en su fabricación: por ejemplo polietileno obtenido a partir de etanol, producto de la fermentación de la caña de azúcar (Braskem, Brasil: Polietileno verde)).

- Plásticos biodegradables y compostables según norma EN 13432 o similares (el foco está puesto en la compostabilidad del producto final). Los materiales biodegradables y compostables pueden tener origen a partir de fuentes renovables (bio based) o a partir de fuentes petroquímicas (gas, petróleo).

Los bioplásticos pueden entonces ser:

- Fabricados a partir de materias primas renovables y ser **biodegradables**. Ejemplos: poliésteres copolímeros del tipo polihidroxibutirato (PHB)/polihidroxivalerato (PHV)); el **pululano** (un polisacárido); el **ácido poliláctico** (PLA).
- Fabricados a partir de fuentes renovables y ser **no biodegradables**. Ejemplos: Polietileno a partir de etanol, producto de la fermentación de la caña de azúcar (Braskem).
- Fabricados a partir de materias primas de origen petroquímico (no renovables) y ser **biodegradables**. Ejemplo: policaprolactona (PCL) y ciertos poliésteres alifático-aromáticos.

Estos polímeros no son producidos en Argentina, y su costo es 4 a 6 veces mayor que el costo de los polímeros *comodities* (por ejemplo polietileno o polipropileno, fabricados en el país).

Otro proceso que produce la degradación de polímeros, especialmente de poliolefinas, es la modificación de su estructura por acción de la temperatura en presencia de oxígeno o de la radiación ultravioleta (UV). La modificación de la estructura del polímero produce oxidación (introduce oxígeno en forma de distintos grupos funcionales oxigenados), degradación y desestructuración. Para aprovechar el fenómeno de **oxodegradación** o **fotodegradación**, a ciertos polímeros (polietileno, polipropileno) se les incorporan **aditivos prodegradantes** que los sensibilizan de manera tal que la radiación ultravioleta proveniente del sol o la temperatura aceleran su degradación a fracciones de masa molar cada vez menores. Si bien los fabricantes de los aditivos prodegradantes proclaman que éstos vuelven “**oxobiodegradables**” a los plásticos convencionales (7, 8), tampoco hay consenso mundial en que sean plásticos biodegradables, por lo que se denominan **oxodegradables** (1,9).

Existe hasta el momento una fuerte controversia en relación a la declaración que manifiestan los fabricantes de los aditivos de los **plásticos sintéticos oxodegradables** respecto a la biodegradabilidad de los mismos. No hay evidencia suficiente aun respecto de si el mecanismo de su degradación es biológico o meramente foto-oxidativo, es decir si cumplen la definición de polímeros biodegradables (1,9,11). Por otro lado, no hay consenso mundial sobre si los materiales base cumplen los requisitos de biodegradabilidad, compostabilidad y ausencia de ecotoxicidad normalizados. Existen dudas también sobre el efecto que sobre el ambiente ejercen los aditivos, tintas, recubrimientos y adhesivos, presentes normalmente en los artículos fabricados con estos materiales base, y liberados en el ambiente luego de su degradación (1, 9, 11). Esto se aplica tanto a las bolsas plásticas para contener mercaderías o residuos, como a las aplicaciones en agricultura y a los envases.

La variación de tipos de polímeros, productos plásticos y aplicaciones encontradas en el mundo moderno, que sin duda hacen a la salubridad, seguridad y confort del consumidor, plantean un desafío en el momento de la disposición de los productos plásticos pos consumo.

De los estudios de la composición de los residuos sólidos urbanos (RSU) en los rellenos sanitarios, realizados en Argentina, Unión Europea y USA, se desprende que los materiales plásticos representan entre el 7 y 11% de la masa total de los mismos (13). En Buenos Aires, Argentina, de los residuos recolectados por el CEAMSE (datos del 2008), aproximadamente el 14 % son materiales plásticos.

Las opciones para el tratamiento de residuos plásticos incluyen: *incineración, reciclado físico, reciclado químico y disposición en rellenos sanitarios*. Como se comentó previamente, los materiales biodegradables, en función de su composición (tipo de polímero, formulación, presencia de aditivos, etc.), su empleo y aplicación previos a su disposición, medio ambiente donde se encuentren, condiciones ambientales, tipo de flora microbiana presente, etc., presentarán grados de biodegradación diferentes en determinado tiempo. Por ello, aún con bolsas de materiales biodegradables podría presentarse por un tiempo prolongado (varios meses, por ejemplo) un impacto negativo que involucre la contaminación visual, taponamiento de acequias, daño a la fauna, etc.

Los bioplásticos ofrecen en principio algunas de las opciones de recuperación que presentan los plásticos convencionales, salvo el reciclado, pero incluyen además una alternativa importante: la posibilidad de recuperación orgánica.

Reciclado Orgánico o Biológico: está definido en la Directiva 94/62/EC de la Unión Europea, sobre envases y residuos de envases, modificada por la Directiva 2004/12/EC, como el tratamiento aeróbico (compostaje) o anaeróbico (biogasificación).

La biodegradación aeróbica describe, como se mencionó anteriormente, el proceso de transformación microbiológico de material conteniendo carbono (C), en CO₂, H₂O y biomasa (como parte del compost, que es empleado como mejorador de suelo y puede ser empleado para reemplazar *en parte* los fertilizantes). Se genera en el proceso calor suficiente para asegurar la eliminación de organismos patógenos (2,5).

Un material compostable es biodegradable, pero incluye la mención del tiempo que involucra el proceso, acorde a los requerimientos de una planta de compostaje industrial (normalmente entre 6-12 semanas) (14).

La biodegradación de un plástico compostable depende de tres factores principales: elevada temperatura; humedad y abundancia de microorganismos.

El aumento del empleo de materiales biodegradables podría complicar el proceso de identificación en el reciclado. Los materiales biodegradables son más adecuados para el compostaje, debiendo ser separados de otros materiales no biodegradables.

La creación de infraestructuras locales o regionales para compostar, reducirá el total de residuos destinados a los rellenos sanitarios, así como el transporte de los residuos hacia los mismos y las emisiones asociadas.

En nuestro país se practica en pequeña escala y en áreas rurales. Los plásticos no biodegradables separados de la fracción orgánica (que es la que interesa como materia prima para el compostado), pueden ser utilizados en programas de reciclado convencional.

Relleno sanitario: La deposición en rellenos sanitarios no está considerada como una opción de recuperación de residuos, por ello debe ser reducida al mínimo. El análisis de la calidad de los RSU muestra que un 14 % de los mismos corresponden a papeles y cartones (Estudio de calidad de RSU de la Ciudad de Buenos Aires - Primavera 2008 CEAMSE/FIUBA). Estos materiales celulósicos (papeles, cartulinas y cartones) destinados al envasado de productos, así como para otras aplicaciones (papel para diarios, periódicos y revistas), están considerados como biodegradables en condiciones aerobias favorables (compostado y disposición a cielo abierto), sin embargo se ha observado que en condiciones de relleno sanitario, donde escasean el agua, la flora microbiana aerobia y el aire, no se degradan o se degradan muy lentamente al cabo de varias décadas. Esto ha sido demostrado por el arqueólogo Dr. William L. Rathje, de la Universidad de Arizona, USA, fundador y Director del "Proyecto Basura ("Garbage Project"). El Dr. Rathje se ha especializado en la excavación de rellenos sanitarios y en el análisis de los residuos sólidos urbanos que allí se encuentran. La evaluación de los mismos ha dado origen a una nueva disciplina denominada en castellano "basurología" (15, 17).

Debido a una muy lenta degradación del papel en los rellenos sanitarios, o a la ausencia de la misma, el Dr. Rathje ha podido identificar y fechar otros sustratos normalmente biodegradables en exposición superficial (como por ejemplo restos de comida), pero que se encuentran en los distintos estratos de los rellenos sanitarios prácticamente muy poco degradados, con la fecha de publicación de diarios y revistas adyacentes a los mismos (8, 10). El Dr. Rathje informó que en el marco del "Garbage Project", se han encontrado en rellenos sanitarios papel de diarios, que son el tipo de residuos que ocupan más volumen en esos sitios de disposición final (18%), perfectamente legibles luego de haber estado enterrados durante 40 años (15).

La incorporación de materiales biodegradables en los rellenos sanitarios así como la deposición de material orgánico no tratado aumenta el riesgo de rellenos inestables y emisión de metano.

3. Bolsas y Envases Plásticos

Las bolsas fabricadas con polietileno y polipropileno aparecieron en la década del '70 y desde entonces han tenido una aceptación generalizada y muy importante por parte del público por las ventajas que tienen comparadas con los materiales alternativos. Debe tenerse en cuenta que la cantidad de hidrocarburos destinada a la fabricación de bolsas plásticas representa sólo una pequeña fracción, mucho menor que el 1 % de la producción anual (18).

Una bolsa pequeña de supermercado pesa entre 5 y 7 g, y puede soportar una carga de hasta 10 kg de mercadería, es decir un promedio de 1700 veces su propia masa. Ningún otro material usado comercialmente alcanza estos valores de eficiencia mecánica (18).

Las bolsas de supermercado son reusadas por el consumidor en el hogar para una gran variedad de propósitos. El reuso más común es destinarla como bolsa para los residuos domésticos. Estudios realizados indican que 4 de cada 5 hogares reusan las bolsas de supermercado principalmente como bolsa de residuos (18). De encuestas recientes realizadas en Brasil, se han identificado hasta 40 reusos diferentes para las bolsas de supermercado por parte de los consumidores (19).

En cuanto a las posibilidades de reemplazo de las bolsas plásticas convencionales por las fabricadas con otros materiales, se puede comentar que (18):

- ❖ **La utilización de bolsas de papel en reemplazo de las bolsas plásticas presenta los siguientes inconvenientes técnico-económicos:**
 - a) Las bolsas de papel no tienen la resistencia mecánica ni física comparable con la de los materiales plásticos y son afectadas por los líquidos.
 - b) La fabricación nacional de bolsas de papel no podría abastecer la demanda existente.
 - c) El costo de las bolsas de papel es muy superior al de las bolsas de plástico.
 - d) Las bolsas de papel no pueden ser reutilizadas como bolsas de residuos como son de reuso generalizado las bolsas de plástico.

- ❖ **La utilización de bolsas de plásticos biodegradables en reemplazo de las bolsas plásticas tradicionales presenta los siguientes inconvenientes técnico-económicos:**
 - a) La capacidad de producción mundial de bioplásticos es aun insuficiente.
 - b) Estos materiales no se producen actualmente en el país, lo que obliga a la provisión desde el exterior vía importación.
 - c) El costo es hasta 10 veces mayor que el de las bolsas tradicionales; requieren mayor cantidad de material para soportar un mismo peso contenido.
 - d) Deben estar perfectamente identificadas para no complicar el reciclado.

- ❖ **La utilización de bolsas de materiales plásticos oxodegradables en reemplazo de las bolsas plásticas tradicionales presenta los siguientes inconvenientes-técnico económicos:**
 - a) No existe consenso a nivel mundial sobre su biodegradabilidad y compostabilidad, así como respecto al impacto de sus productos de degradación sobre el medio ambiente.
 - b) Los aditivos “prodegradantes” no se fabrican actualmente en el país, por lo que se depende de su provisión desde el exterior.
 - c) Pueden reducir significativamente la calidad del material en el proceso de reciclado.
 - d) En ausencia de oxígeno no se obtendrá la degradación buscada.

Las bolsas biodegradables compostables pueden ser empleadas para la recolección de material orgánico de poda domiciliaria. Asimismo el empleo de estas bolsas en separación de residuos orgánicos en origen y recuperación a través de plantas de compostaje, contribuye a evitar la deposición de material orgánico en los rellenos sanitarios, que conlleva a una importante reducción de emisión de metano en los mismos.

Otra aplicación de material compostable puede ser en vajilla descartable para eventos públicos o cafeterías. De esta manera la vajilla puede ser eliminada junto con los residuos de comida. De la misma manera las frutas y vegetales envasados, en caso de deterioro o vencimiento, podrían ser destinados al circuito de recuperación orgánica (compostaje), sin eliminación del envase. De esta manera también se evitaría la contaminación de otras vías de tratamiento de residuos, como por ejemplo el reciclado.

Un tema controvertido es si el uso de bolsas biodegradables arrojadas a las acequias, a las calles y rutas o a basurales a cielo abierto, mitiga o limita el impacto negativo en el ambiente respecto a las bolsas de plástico tradicionales. Estimamos que la comparación entre bolsas biodegradables y plásticas no biodegradables, en las

condiciones ambientales completamente diferentes prevalecientes en acequias, calles, rutas y basurales a cielo abierto, debería ser motivo de un estudio sistemático.

Sin esa evaluación, llevada a cabo por un grupo de trabajo interdisciplinario, no podría inferirse el impacto ambiental de estos materiales.

4. Los plásticos biodegradables y oxodegradables

El reemplazo de bolsas fabricadas a partir de polímeros sintéticos no biodegradables, por bolsas de material biodegradable debe considerarse teniendo en cuenta que cuando se involucra el **concepto de biodegradabilidad, se refiere a una opción de fin de vida útil de un envase o plástico de consumo de uso único y descartable**. El concepto de biodegradación debe contener los siguientes elementos para estar totalmente definido (20):

- el sistema de disposición de residuos sólidos: compostaje, digestor anaeróbico, suelo, agua.
- tiempo requerido para la completa utilización por parte de los microorganismos, del material en cuestión en el sistema de disposición seleccionado. En el caso de material compostable el rango de tiempo esta limitado a menos de 180 días.
- Utilización completa del sustrato carbonoso por los microorganismos, medido como evolución de CO₂ (aeróbico) o CH₄ y CO₂ (anaeróbico) sin dejar residuos.
- la biodegradabilidad debe ser medida cuantitativamente por normas internacionales y especificaciones estándares como: ASTM D6400; ASTM D6868, ASTM D 7081, EN 13432; ISO 17088.
- si se emplean otros ambientes para deposición de residuos, como rellenos sanitarios, digestores anaeróbicos, suelo, ambientes marinos, debe contarse con datos que prueben el tiempo requerido para una completa biodegradación empleando las correspondientes normas internacionales de referencia.
- la declaración de biodegradabilidad debe ser revisada y comparada con datos que verifiquen y validen la misma, a través de laboratorios independientes, y empleando ensayos y especificaciones basados en normas y principios fundamentales avalados por la comunidad científica internacional.

Respecto a su utilización:

- Las ventajas que los plásticos en general, y en particular las bolsas plásticas, brindan al consumidor, hacen que se sigan usando ampliamente en todo el mundo, si se cumplen los requisitos establecidos para las distintas aplicaciones por las Legislaciones vigentes. Los potenciales problemas medioambientales, no son inherentes al material plástico convencional en sí, sino a una deficiente gestión de residuos. La opinión pública no debe ser confundida al intentar tratar a las bolsas fabricadas a partir de poliolefinas como si fueran sustancias tóxicas y peligrosas.
- Dada la alta probabilidad de que las bolsas utilizadas para contener mercaderías en supermercados entren en contacto directo con los alimentos, es que los materiales plásticos y aditivos utilizados como materia prima para su fabricación, deben estar autorizados a nivel nacional y del MERCOSUR para contacto con alimentos.

Respecto de su identificación:

- Las bolsas fabricadas con materiales plásticos sintéticos oxodegradables, deberían estar claramente identificadas como elaboradas con dichos materiales para diferenciarlas de las elaboradas con plásticos sintéticos no biodegradables susceptibles de ser reciclados, y de los materiales plásticos biodegradables susceptibles de ser compostados.
- Las bolsas fabricadas con materiales biodegradables también deberían estar claramente identificadas para diferenciarlas de las elaboradas con plásticos sintéticos no biodegradables susceptibles de ser reciclados. Deberían estar identificadas como compostables aquellas bolsas que cumplan con la normativa correspondiente.

Respecto de su destino final como residuos:

- Si el destino final que las autoridades han decidido para los residuos en una determinada localidad es el **relleno sanitario**, de lo visto anteriormente, se desprende que no hay prácticamente ventaja alguna en el uso de materiales biodegradables u oxodegradables usados como envases, ya que éstos no se degradarán o se degradarán muy lentamente en las condiciones anaerobias allí imperantes. La incorporación de materiales biodegradables en los rellenos sanitarios aumenta el riesgo de rellenos inestables y de emisión de metano, generando posibilidades mayores de incendio en los mismos.
- Si el destino final es la **incineración con o sin recuperación de energía**, el hecho que el material sea biodegradable u oxodegradable no implica ninguna ventaja.
- Si el destino final es el reciclado, la oxodegradabilidad y la biodegradabilidad son desventajas, ya que se favorecería la degradación del producto final.
- Si el destino final es el **compostado**, no podrá ingresar a las plantas ningún tipo de material sintético convencional ni oxodegradable. Aquí lo indicado son los materiales biodegradables compostables que cumplan con la normativa correspondiente.
- Los problemas que acarrea la disposición final de los envases son similares en gran medida a los generados por otros materiales presentes en los residuos sólidos urbanos, y las tecnologías existentes, si son aplicadas y gerenciadas adecuadamente, a través de un sistema integrado de gestión (SIG), pueden minimizar el impacto ambiental.
- El principal problema con las bolsas plásticas se genera por su presencia no controlada en el medio ambiente con la consiguiente contaminación visual, taponamiento de vías de agua, posibilidad de ingestión por animales, etc. Es decir que el problema está en el descontrol en su disposición final. La sustitución por bolsas biodegradables u oxodegradables no modifica esta situación ni elimina sus efectos en el corto o mediano plazo ya que estos materiales, independientemente de la forma en que sean desechados, no desaparecen mágicamente del ambiente.
- Para disminuir este impacto, la prohibición de su uso no parece ser el mejor camino, sino una adecuada gestión de residuos que los minimice, apoyada en el

uso de tecnologías y herramientas objetivas tales como el análisis del ciclo de vida.

- Para coadyuvar con este objetivo, sería necesario contar con legislación consensuada con todos los actores de la sociedad, que establezca adecuados sistemas de gestión integral de residuos.
- Es necesario que se incluya en los sistemas de gestión integral de residuos, la necesidad de la educación, capacitación y motivación de los ciudadanos. Esto es fundamental para concientizarlos en colaborar con una adecuada actitud a nivel privado, tendiente a realizar una correcta disposición de los objetos (por ejemplo, las bolsas plásticas), una vez terminada su vida útil, no arrojándolos a los espacios del medio ambiente público, patrimonio de todos.
- La generación, distribución y uso responsable de materiales y productos plásticos, su reuso o reciclado, y la correcta gestión de sus residuos al final de su vida útil son el camino más adecuado para la sustentabilidad y el cuidado del ambiente.

5. Otras Consideraciones

Tanto los plásticos biodegradables como los aditivos prodegradantes para los materiales oxodegradables son insumos importados. En INTI-Plásticos no se dispone de información sobre la identidad química cierta de estos aditivos prodegradantes, generalmente basados en iones metálicos no siempre inocuos si son liberados en el ambiente (1).

Para que las bolsas de supermercado oxodegradables puedan ser utilizadas en contacto con alimentos, deben cumplir los requisitos de aptitud sanitaria establecidos en el Código Alimentario Argentino y la Legislación MERCOSUR correspondiente, entre ellos la inclusión en listas positivas autorizadas de los aditivos prodegradantes, así como la de los aditivos convencionales y polímeros usados en su fabricación. Además se deben verificar que no se superen los límites permitidos de migración mediante la realización de ensayos de migración total y cuando corresponda, de migración específica de ciertos componentes de las mismas. Las bolsas deben ser aprobadas por el Instituto Nacional de Alimentos (INAL).

Hasta la fecha, no se cuenta en INTI-Plásticos, cuyos profesionales participan en el Grupo ad-hoc Envases y Materiales en Contacto con Alimentos del MERCOSUR desde 1991, con información de que se hayan incorporado a las listas positivas de resinas plásticas y de aditivos para plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos de la Legislación MERCOSUR, ni biopolímeros ni aditivos prodegradantes de materiales plásticos, por lo cual los mismos no estarían autorizados a la fecha para la fabricación de materiales destinados a entrar en contacto con alimentos a nivel del bloque regional.

6. Referencias Bibliográficas

1. "Biodegradation of agricultural plastic films: a critical review". Ioanna Kyrikou y Demetres Briassoulis, *Journal of Polymer Environment* (2007) 15:125-150.
2. Norma ASTM D 6400-04. "Standard Specification for Compostable Plastics"
3. "Plastics – Guide for vocabulary in the field of degradable and biodegradable polymers and plastic items". PD CEN/TR 15351:2006. (Comité Europeo de Normalización).

4. "Degradable polymers and materials. Principles and practice". Kishan Khemani y Carmen Scholz (Editores). American Chemical Society, Washington, USA, 2006.
5. Esquema A3 de Norma IRAM 29420 "Envases Plásticos Degradables y/o renovables-Materiales plásticos biodegradables y/o compostables-Terminología; julio 2008.
6. Joran Reske, Bioplastics magazine, 38, 02/2009).
7. OPI. (The Oxo-Biodegradable Plastics Institute) (www.oxobio.org)
8. "Oxo-biodegradable plastics. A win for the environment, consumers and the conventional plastics industry". Townsend Polymers. TEMPI Conference, Houston, USA, junio 19-20, 2007.
9. "Position on 'degradable' PE shopping bags". European Bioplastics, 6/06/05.
10. "Methods for assessment of biodegradability of plastic films in soil". Asha V. Yabannavar y Richard Bartha Applied and Environmental Microbiology, vol. 60, octubre 1994, Nº 10, págs. 3608-3614.
11. "Biodégradation des films en polyéthylène utilisés en agriculture: conjecture ou réalité?" Pierre Feuilloley (CEMAGREG, Montpellier), Guy César, Ludovic Benguigui, Yves Grohens, Sandra Lefaux (<http://site.voila.fr/SHPA/biodegradation.htm>)
12. "Breve análisis de la legislación sobre envases y medio ambiente en los EE.UU". Rubén J. Hernández. Proceedings del Segundo Taller Iberoamericano de Envases y Embalajes – RISEA (Red Iberoamericana de Envases y Embalajes de Alimentos) – CYTED. Organizado por INTI. Buenos Aires, 25 al 27 de abril de 1994.
13. Norma UNE - EN 13432: 2000 "Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje"
14. bioplastics, 02/2009, pag. 20).
15. "Once and future landfills", William L. Rathje y Louie Psihoyos. National Geographic, mayo 1991, págs. 116-134.
16. "Five major myths about garbage, and why they're wrong", William L. Rathje y Cullen Murphy. Smithsonian Magazine, USA, julio 1992, págs. 2 a 8.
17. "Biodegradation?", William L. Rathje. MS Management/Beyond the Pail, marzo/abril 2001. Sitio de INTERNET (http://www.mswmanagement.com/msw_0103_beyond.html)
18. "Bolsas plásticas - Posición de la Cadena de Valor de la Fabricación de Bolsas". Documento de CAIP-FIPMA-IAE-PLASTIVIDA. (2007).
19. Instituto Nacional do Plástico (INP), São Paulo, Brasil (2007). (www.inp.org.br)
20. R. Narayan, bioplastics 01/2009, 28)

Dra. Patricia Eisenberg
Ing. Ricardo Giménez
Ing. Alejandro Ariosti

22-07-2009

ANEXO I

Normas para caracterización de materiales plásticos desde el punto de vista ambiental.

En Estados Unidos, aproximadamente un tercio de los plásticos se usan en la fabricación de objetos descartables (envoltorios, envases, bolsas, vasos y tazas, bandejas para comidas rápidas, films para uso en agricultura, etc.). Debido al potencial impacto desfavorable sobre la vida animal silvestre o sobre la estética paisajística y respondiendo a demandas de consumidores, iniciativas legislativas y la acción de grupos ecologistas, algunos fabricantes han desarrollado varias películas para bolsas de compras o para contener residuos sólidos urbanos, que denominan “**amigables con el ambiente (environmental friendly)**” o “**degradables**”. Sin embargo hay una gran confusión en la interpretación clara de las definiciones estandarizadas de la degradabilidad, combinada con pocos registros documentados que prueben fehacientemente las afirmaciones promocionales (proclamas o **claims**) de las empresas respecto de esos productos. Por ende, esto deja, tanto a los legisladores como al público, muy confundidos sobre los reales méritos de los mismos (11,12).

A la confusión en la interpretación de las definiciones y de los claims, se suma la falta de aceptación generalizada a nivel mundial de técnicas de medición del impacto ambiental de los materiales plásticos en distintas aplicaciones, a pesar de que existen normas que simulan los fenómenos de biodegradabilidad en distintas condiciones. Para compostado se aplican por ejemplo la Norma ASTM D6400-04 “Standard Specification for Compostable Plastics” y la Norma EN 13432:2000 “Packaging. Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation. Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging” (11, 12).

Como ejemplo se hace notar que en Argentina, en la Ley 7319 de la Provincia de Mendoza, se establece la obligatoriedad del uso de un 75% como mínimo de material biodegradable en las bolsas, no especificándose a qué Norma se debe ajustar la definición de este parámetro (biodegradabilidad); ni con qué Norma, de las varias existentes a nivel internacional, se debe verificar ese porcentaje; ni qué sistemas modelizados se usarán (condiciones experimentales de laboratorio, exposición al aire, plantas de compostaje, relleno sanitario, etc.).

Los **materiales biodegradables y compostables** se evalúan con las **Normas internacionales** que se describen a continuación:

- **Norma europea EN 13432:2000:** "Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje". Esta Norma establece los requisitos que debe cumplir un material para ser **compostable**, entre los que se encuentra la biodegradación del mismo en un porcentaje especificado (90% o mayor en total en 6 meses ó 90% o mayor que la degradación máxima de una sustancia de referencia adecuada), así como la comprobación de la ausencia de efectos ecotóxicos. Para realizar el ensayo de biodegradabilidad del material se pueden aplicar diversas Normas (para condiciones aeróbicas: **ISO 14851:2004** (en medio acuoso; medición del consumo de oxígeno), **ISO 14852:2004** (en medio acuoso; medición de la generación de dióxido de carbono) ó **ISO 14855:1999** (en compost; medición de la generación de dióxido de carbono); para condiciones anaeróbicas: **ISO 14853:2005**). La Norma EN 13432:2000 recomienda que siempre que sea

posible, se utilice la Norma ISO 14855:1999 “Determinación de la biodegradación y desintegración aeróbicas totales de materiales plásticos bajo condiciones controladas de compostado – Método de análisis por producción de dióxido de carbono”.

- **Norma ASTM D 6400-04:** “Especificación estandarizada para plásticos compostables”. Se establecen los requisitos para que los plásticos y productos plásticos puedan compostarse satisfactoriamente, incluyendo la biodegradación a una velocidad comparable a la de materiales compostables conocidos (por ejemplo, para polímeros solos, el 60% del carbono orgánico debe ser convertido en dióxido de carbono en 6 meses, comparado con un material biodegradable usado como control; el requisito de conversión es del 90% en el caso de mezclas de polímeros en el mismo período de tiempo). Además, se establecen requisitos para asegurar que no disminuya el valor o la utilidad del compost. El cumplimiento de estos requisitos permite la rotulación de materiales y productos, incluido el envase plástico, como “compostable en instalaciones de compostado municipal e industrial”. Esta norma aclara en su Nota 4 que las muestras sujetas a ensayo no deben exponerse, previo al mismo, a condiciones diseñadas para acelerar la biodegradación, aclarando que este agregado a versiones anteriores es para minimizar confusiones respecto a la preparación de muestras, como por ejemplo la guía ASTM para plásticos oxo-biodegradables que establece utilizar condiciones aceleradas para promover la oxidación antes de la biodegradación.
- **Norma ASTM D 5988-03:** “Método normalizado de ensayo para determinar la biodegradación aeróbica en suelo de materiales plásticos o materiales plásticos residuales luego del compostado”. Esta Norma describe el procedimiento según el cual, sobre el material plástico o un compost conteniendo material plástico residual luego de ser compostado, se determina la biodegradación aeróbica, con un suelo como matriz y un inóculo microbiano. Se expone el material plástico o el residuo compostado conteniendo material plástico, al suelo, y se determina la cantidad de dióxido de carbono liberado por los microorganismos en función del tiempo.
- **Norma ASTM D 5338-98 (re-aprobada en 2003):** “Método normalizado de ensayo para determinar la biodegradación aeróbica de materiales plásticos bajo condiciones controladas de compostado”. Este método determina el grado y la velocidad de biodegradación aeróbica de materiales plásticos expuestos a un medio de compostado controlado bajo condiciones de laboratorio. Este ensayo está diseñado para producir resultados reproducibles y repetibles en condiciones similares a las de compostado. El procedimiento descrito en la Norma involucra: selección de un material plástico para la determinación de la biodegradación aeróbica en un sistema de compostado controlado; obtención de un inóculo microbiano de un residuo sólido urbano compostado; exposición de las probetas a evaluar al proceso controlado de compostado aeróbico con el inóculo; medición de la liberación de dióxido de carbono en función del tiempo; determinación del grado de biodegradabilidad del material. El porcentaje de biodegradabilidad se obtiene por determinación del porcentaje de carbono en la sustancia evaluada que es convertido en dióxido de carbono, durante el ensayo. Este porcentaje de biodegradabilidad no incluye el contenido de carbono del plástico convertido en biomasa, y que por ende no es metabolizado a dióxido de carbono durante el ensayo. Se evalúa visualmente la desintegración del material ensayado y adicionalmente se determina la pérdida de peso.

Los **materiales biodegradables** que se disponen en rellenos sanitarios se evalúan, por ejemplo, con la siguiente Norma:

- **Norma ASTM D 5526-95 (re-aprobada en 2002):** “Método normalizado de ensayo para determinar la biodegradación anaeróbica de materiales plásticos bajo condiciones aceleradas de relleno sanitario”. La Norma establece un método para la determinación del grado de biodegradación anaeróbica de materiales mediante un ensayo acelerado en condiciones que simulan un relleno sanitario biológicamente activo. El procedimiento descrito en la norma involucra: selección y análisis de un material plástico; obtención de un residuo sólido urbano pre-tratado y un inóculo microbiano anaeróbico concentrado de un digester anaeróbico; exposición del material a un batch estático anaeróbico (más de 30% de sólidos); medición de gases liberados (dióxido de carbono y metano) en función del tiempo; remoción, limpieza y evaluación del espécimen ensayado; determinación del grado de biodegradabilidad; determinación del grado de biodegradabilidad en condiciones inferiores a las óptimas.

Por otro lado, para la evaluación de los **materiales oxodegradables** está disponible la:

- **Norma Guía ASTM D 6954-04:** “Guía normalizada para la exposición y ensayo de plásticos que se degradan en el medio ambiente por una combinación de oxidación y biodegradación”. La Norma sirve como una guía que provee un marco u hoja de ruta para comparar y clasificar las velocidades controladas de degradación en laboratorio y el grado de pérdida de propiedades físicas de polímeros sometidos a procesos de degradación térmica y foto-oxidativa, como así también de biodegradación, y el impacto ecológico de aplicaciones específicas en los ambientes de disposición final luego de su degradación. Los ambientes de disposición final incluyen exposición en suelos, rellenos sanitarios y compostado, en los cuales puede ocurrir oxidación térmica, y suelo o aplicaciones en agricultura donde puede ocurrir también foto-oxidación. Cabe destacar que la Norma antes mencionada hace referencia especial en el **punto 5.2**, a que todavía no se ha establecido una correlación de los resultados obtenidos según los procedimientos descriptos en la misma, y los obtenidos en los ambientes reales de disposición final donde podrían ser dispuestos los materiales, por lo tanto los resultados deberán ser empleados **sólo para propósitos comparativos o clasificación de los materiales evaluados**. Asimismo, en el **punto 5.3**, se expresa “que los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio no pueden ser directamente extrapolados para estimar la velocidad absoluta de deterioro del material en el medio ambiente donde será depositado, ya que el factor de aceleración depende del material, y de su formulación particular”. La mencionada Norma indica en el **punto 4.1**, que la misma es una guía para comparar y clasificar la velocidad y grado de degradación termo-oxidativa de un material plástico, relativa a un rango de peso molecular que puede ser establecido como característico de un material biodegradable en el ambiente elegido en particular. La Norma no menciona, ni sugiere, ni referencia valores de pesos moleculares que puedan ser tomados como referencia, ni recomienda bibliografía donde encontrar esos valores. (En la información aportada por las empresas fabricantes y que comercializan los aditivos prodegradantes para lograr la oxodegradación de poliolefinas tampoco constan estos valores). En la **Nota 3**, esta Norma establece que si se ha elegido

el compostado como disposición final del material o producto, la Norma ASTM D6400-04 es la especificación única y definitiva aplicable para determinar la biodegradación y la compostabilidad. Y agrega que: “La oxidación seguida por biodegradación bajo las condiciones de esta guía **no implica** la designación de “**compostable**” o cualquier connotación de que las aplicaciones son aceptables para el compostado en una instalación comercial o industrial de compostado”.

En 2007 estaba en discusión pública en Gran Bretaña el Draft BS 8472 “Método para la determinación de compostabilidad (incluyendo biodegradabilidad y ecotoxicidad) de materiales para embalajes basados en plásticos oxo-biodegradables”. Esta norma describe ensayos sobre películas de hasta 40 µm de espesor, consistentes en envejecimiento térmico, medición de la generación de dióxido de carbono y evaluación de la eco-toxicidad para polímeros “oxo-biodegradables”.

Por ahora no existe normativa argentina para la evaluación de plásticos biodegradables u oxodegradables. A fines de 2007 ha comenzado a sesionar en el ámbito del IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) la “Comisión de Materiales plásticos biodegradables y/o compostables”, en la que participan profesionales de INTI-Plásticos. En la actualidad está en discusión pública el esquema de norma IRAM 29420 “Envases plásticos degradables y/o renovables – Materiales plásticos biodegradables y/o compostables – Terminología”, inalizado en julio de 2008, y se está elaborando el esquema de la norma IRAM 29421 “Calidad ambiental - Materiales plásticos biodegradables y/o compostables - Requisitos de los materiales plásticos para ser valorizados mediante compostaje y/o biodegradación”.

Situación de INTI-Plásticos con respecto a la implementación de Normas para determinar biodegradabilidad u oxodegradabilidad de materiales plásticos:

- Hasta la fecha INTI no dispone ni ha desarrollado metodologías para determinar ni la biodegradación ni la oxodegradación de materiales plásticos que puedan ser empleados para la fabricación de bolsas u otros productos plásticos.
- El desarrollo de las metodologías para evaluar la biodegradación u oxodegradación según las normas internacionales mencionadas anteriormente involucrará búsquedas bibliográficas, adquisición de equipamiento, formación de recursos humanos, capacitación de los técnicos y profesionales para realizar los ensayos descritos en las normas y para la interpretación de los resultados. Tanto el desarrollo de las metodologías mencionadas, como la interpretación de los resultados requiere del trabajo de un **equipo multidisciplinario** (biólogos, microbiólogos, ambientalistas, especialistas en manejo de residuos, especialistas en materiales plásticos). Una vez lograda la puesta a punto de las metodologías mencionadas, se requeriría la validación de los ensayos con laboratorios internacionales.
- El proceso de puesta a punto, desarrollo y validación de las metodologías y ensayos, una vez definida la norma según la cual los materiales serán evaluados, podrá involucrar un tiempo estimado no menor de dos años, a partir del momento en que se cuente con el equipamiento necesario.

ANEXO II

INFORMACION DE EXPERIENCIAS EN OTROS PAISES

- <http://www.savetheplasticbag.com/ReadContent486.aspx>
- http://www.sfgov.org/site/sf311_index.asp?id=71355
- <http://www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/57346/0016899.pdf>
- http://www.healthebay.org/assets/pdfdocs/actionalerts/2007_08_27_plasticbagban/staffreport.pdf
- http://www.healthebay.org/assets/pdfdocs/actionalerts/2007_08_27_plasticbagban/staffreport.pdf
- linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X09000932
- http://www.lexisnexis.com.au/aus/products/samples/documents/LGR_5_7.pdf
- <http://nepc.gov.au/node/320>