



EL PLASTICO A FAVOR DE LA VIDA

INFORMA - ASESORA - ASISTE
EN EDUCACION Y GESTION AMBIENTAL

Boletín Técnico Informativo N° 21

Degradación de los Materiales Plásticos

**CIT - Centro de Información Técnica
Gerencia Técnica**

ÍNDICE

	<i>Página</i>
Degradación De Los Materiales Plásticos.....	3
Prólogo	3
Introducción.....	3
Definiciones	3
¿Qué son los plásticos degradables?	4
Biodegradable	4
Compostable	5
Oxo-degradable	5
Foto-degradable	5
Solubles en agua	6
Biodesintegrables	6
Métodos para medir la biodegradación	6
Descripción del método para medir la biodegradación .	7
Otros métodos para medir la degradación	8
Oxidación Térmica	8
Fotodegradación	8
Compostaje	9
¿Qué es el proceso y una planta de compostaje?	9
Referencias Bibliográficas	11

DEGRADACIÓN DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS

Prólogo

Es importante aclarar el concepto de biodegradación, degradación y compostabilidad de los materiales plásticos dado que con mucha frecuencia aparecen éstos términos en los proyectos de leyes a nivel provincial y municipal y también en los medios de comunicación. Rara vez se definen estos términos en forma científica ó se hace referencia a las normas internacionales que regulan la degradación, biodegradación y compostabilidad de los materiales plásticos. Casi siempre estos conceptos se usan en forma muy general sin especificar en qué condiciones ó ambiente se lleva a cabo la biodegradación ni los tiempos involucrados en el proceso. En muchos casos éstos términos son usados como una solución “mágica” para los problemas de los residuos plásticos así como de la solución de la basura dispersa en los espacios públicos (litter). Nuestro objetivo es aclarar dichos términos con rigor científico para conocer la verdadera relación entre la degradación de los materiales plásticos y el medio ambiente. Toda la información de este documento está fundada ó obtenida de las fuentes señaladas en el ítem referencias que son todas instituciones ó empresas de reconocido prestigio internacional.

Introducción

Las resinas plásticas base están constituidas por moléculas de gran tamaño compuestas por gran número de átomos denominadas macromoléculas de alto peso molecular que se caracterizan por tener una gran inercia química, es decir no sufren procesos de oxidación por la humedad y oxígeno del medio ambiente y ataques de muchos productos químicos. A éstas resinas base se le agregan cantidades mínimas de aditivos que permiten el normal procesamiento del material (estabilizantes, antioxidantes, lubricantes, etc). Estas mezclas de resinas y aditivos es lo que se conoce con el nombre de Materiales Plásticos que se formulan de acuerdo a la aplicación final del producto.

Debido a su carácter de inertes los materiales plásticos tampoco son atacados por los microorganismos presentes en el medio ambiente razón por la cual los plásticos de uso masivo derivados del gas ó petróleo no son biodegradables. No obstante ello existen plásticos biodegradables que son obtenidos de fuentes de materia prima renovables como el almidón del maíz, azúcares, aceites vegetales, etc que se denominan biopolímeros que son verdaderamente biodegradables en condiciones controladas como por ejemplo en condiciones de compostaje. En este documento vamos a describir los distintos tipos de materiales degradables incluyendo sus definiciones y normas internacionales que las regulan.

Definiciones

Se define un envase plástico degradable como aquel que está constituido por un material plástico tal que permite mantener completamente la integridad física durante su manufactura, posterior almacenamiento, envasado, vida en estantería y

uso por parte del consumidor. Al final de su vida útil es desechado y comienza a cambiar químicamente por influencia de agentes ambientales, que lo transforman en sustancias simples ó en componentes menores que eventualmente se asimilan al medio ambiente. Si esos agentes son entes biológicos, fundamentalmente microorganismos (bacterias, mohos, etc) el material se denomina biodegradable y los productos de la degradación aeróbica son principalmente dióxido de carbono y agua. Si la degradación es anaeróbica los productos principales son: el metano y dióxido de carbono.

¿QUÉ SON LOS PLÁSTICOS DEGRADABLES?

Con la finalidad de entender el rol de los plásticos degradables en el sistema de gestión de los residuos sólidos, es importante conocer las diferentes clases de materiales degradables para relacionarlos con las aplicaciones específicas. Los plásticos degradables son primariamente biodegradables ó fotodegradables y han sido clasificados en las siguientes categorías:

Biodegradable

Materiales capaces de desarrollar una descomposición aeróbica ó anaeróbica por acción de microorganismos tales como bacterias, hongos y algas bajo condiciones que naturalmente ocurren en la biosfera. Son degradados por acción enzimática de los microorganismos bajo condiciones normales del medio ambiente.

Son obtenidos usualmente por vía fermentativa y se los denomina también Biopolímeros. Como ejemplos tenemos el BiopolTM poliésteres copolímeros del tipo polihidroxibutirato (PHB)/polihidroxivalerato (PHV), el Pululano (que es un polisacárido), el PLA (Acido poliláctico), etc.

Este último (PLA) es uno de los más conocidos y está basado 100% en el almidón obtenido del maíz, trigo ó papas. El almidón es transformado biológicamente (fermentación) mediante microorganismos en ácido láctico que es el monómero básico, que mediante un proceso químico se polimeriza transformándolo en largas cadenas moleculares denominadas ácido poliláctico. Puede ser extrudado, inyectado, soplado, termoformado, impreso y sellado por calor para producir blister, bandejas y películas. Tiene también usos médicos en suturas, implantes y sistemas de liberación de drogas.

Existen también bioplásticos producidos directamente por las bacterias que desarrollan gránulos de un plástico llamado Polyhydroxyalkanoate (PHA) dentro de la célula misma. La bacteria se desarrolla y reproduce en un cultivo y el material plástico luego se separa y purifica.

Existen polímeros biodegradables de origen petroquímico como la Policaprolactona (PCL) que es un poliéster alifático que es verdaderamente biodegradable sin el requerimiento previo de la fotodegradación. En ambiente de compost la policaprolactona es asimilada totalmente por los microorganismos y la velocidad de degradación depende de varios factores tales como espesor de la muestra, humedad, temperatura, oxígeno, etc. Se usa entre otras aplicaciones como reemplazo del yeso en aplicaciones ortopédicas. Existen también en el mercado mezclas de PCL con almidón tales como el Mater-biTM que se usa para producir películas, artículos inyectados, productos termoformados, etc.

Los Biopolímeros se fabrican en pequeña escala y no hay producción nacional son por lo tanto muy caros, no son de uso masivo y sus aplicaciones están limitadas a usos de muy alto valor como productos medicinales (suturas, material para taponajes quirúrgicos, etc) y aplicaciones con importante marketing ecológico.

Compostable

Materiales que desarrollan una descomposición biológica durante un proceso denominado compostaje para producir dióxido de carbono, agua, compuestos inorgánicos y biomasa a una velocidad comparable con otros materiales compostables en condiciones de compostaje industrial ó comercial y no dejar residuos tóxicos visibles ó distinguibles. El compostaje se realiza normalmente como un proceso de reciclado de la fracción orgánica (restos de comida ó alimentos) de los residuos sólidos domésticos. Más adelante se describe este proceso en detalle.

Oxo-degradable

También denominados oxo-biodegradable, son materiales que desarrollan la descomposición vía un proceso de etapas múltiples usando aditivos químicos para iniciar la degradación. La primera etapa de degradación puede ser iniciada por la luz ultravioleta (UV) de la radiación solar, calor y/ó tensión mecánica que inician el proceso de degradación por oxidación. De ésta manera se reduce el peso molecular del polímero debido a la rotura de las cadenas moleculares quedando un remanente con suficientemente bajo peso molecular que sería susceptible de desarrollar un proceso de biodegradación con el tiempo.

Aunque esta tecnología y sus productos no son nuevos, desde su aparición en el mercado en los años 80 han surgido muchas dudas con respecto a si son verdaderamente biodegradables según las normas internacionales de biodegradación que se describen más adelante. Asimismo existen dudas de que los residuos que quedan luego de la degradación tengan efectos tóxicos para el medio ambiente provocado por residuos metálicos con potencial toxicidad. Otra desventaja adicional de los polímeros oxo-biodegradable es que si se reciclan mezclados con polímeros comunes éstos se tornan degradables con lo que se impide su reciclado a usos de larga duración como tubos, cables, postes, etc.

Foto-degradable

Materiales que se degradan por la acción de los rayos ultravioleta de la radiación solar de tal manera que pierden resistencia y se fragmentan en partículas diminutas. Todos los plásticos de uso comercial en envasado son fotodegradables por naturaleza misma del polímero, en mayor o menor grado. Este proceso se basa en que la energía de la luz ultravioleta procedente de la luz solar es mayor que la energía de unión de los enlaces moleculares C-C y C-H y por lo tanto rompen las cadenas moleculares reduciendo su peso molecular y propiedades mecánicas. Como ejemplo práctico tenemos que una película de polietileno común con un espesor medio se degrada completamente (se desintegra) al estar sometida continuamente a la luz solar durante los meses máxima radiación, primavera, verano y otoño. Cabe señalar que desde la década del 70 existen patentes de aditivos que

agregados al polietileno aceleran la fotodegradación considerablemente, reduciendo el período de degradación a solo semanas de exposición al sol.

Solubles en agua

Son materiales que se solubilizan en presencia de agua, usualmente dentro de un rango específico de temperatura y luego se biodegradan mediante la acción de los microorganismos. Pueden ser de origen natural como los polisacáridos por ejemplo el almidón y la celulosa ó de origen sintético ó petroquímico como el alcohol polivinílico ó copolímeros de acrilamida con derivados del ácido acrílico.

Los polímeros de origen sintético no se usan en la fabricación de envases porque no se pueden transformar por los métodos de extrusión, inyección, etc. Se utilizan como espesantes para alimentos, pinturas, tratamiento de agua, etc. Además pueden usarse como coating en la industria textil y del papel y como adhesivos.

Biodesintegrables

Son materiales compuestos que están constituidos por una mezcla de una parte orgánica biodegradable con poliolefinas por ejemplo mezclas de almidón con Polietileno, Polipropileno y sus copolímeros, etc. Los microorganismos metabolizan y biodegradan la fracción orgánica (almidón) mientras que la fracción polimérica queda sin atacar con lo cual la fracción de poliolefina no sufre cambios importantes. Estos materiales no son plásticos biodegradables propiamente dicho y a pesar que se conocen desde la década del 70 no son usados comercialmente. Se han producido bolsas de comercio con mezclas de Polietileno con almidón que no han tenido éxito comercial debido a que el agregado del almidón reduce significativamente todas las propiedades físico-mecánicas con lo cual se debe aumentar mucho el espesor de la bolsa con el consecuente aumento del costo. Existen empresas que venden concentrado (Masterbatch) de polímero con almidón que se agregan durante la extrusión de la película ó inyección de artículos diversos para transformarlos en biodesintegrables. Una desventaja adicional de esta técnica es la gran sensibilidad del almidón a la humedad (higroscópico) lo que hace que deban tomarse precauciones especiales durante la transformación para evitar defectos provocados por la humedad del polímero.

Métodos para medir la biodegradación

Existen normas internacionales que regulan y miden la velocidad de los procesos de degradación y de biodegradación tanto en Estados Unidos como en Europa. Las más conocidas son:

- **Estados Unidos:**

ASTM D6400-99 "Especificación Standard para los plásticos compostables" que es una norma que establece los requisitos y la norma ASTM D5338-98 "Método de ensayo standard para la determinación de la degradación aeróbica de los materiales plásticos en condiciones controladas de compostaje" que es una norma de procedimiento para medir la degradación aeróbica.

- **Europa:**

EN 13432 “Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación” y la norma EN 14855 “Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final y desintegración de materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas” que es la norma que describe el procedimiento del análisis.

El objetivo de estas normas es especificar los plásticos y los productos fabricados con plásticos que son designados como compostables en instalaciones municipales ó industriales de compostaje aeróbico; así como los requerimientos para que productos para envasado puedan llevar la inscripción ó etiqueta “Compostable en instalaciones industriales ó municipales”. Además las propiedades de estas especificaciones son las requeridas para determinar si los productos fabricados con los plásticos se compostan adecuadamente incluyendo la biodegradación a una velocidad compatible con materiales que normalmente se someten al proceso de compostaje (por ejemplo restos de comestibles). Así mismo las propiedades requeridas en las normas son las necesarias para determinar que el proceso de degradación de estos materiales no disminuya la calidad y el valor del compost resultante.

Descripción del método para medir la biodegradación

A continuación se hace un resumen del método para medir la biodegradabilidad de los materiales plásticos que está basada en una síntesis de las normas internacionales Europea y de USA. (EN 13432 y ASTM D6400 y D 5338-98)

Los métodos de ensayo determinan la biodegradabilidad total, el grado de desintegración y la eventual ecotoxicidad del material degradado. Se realiza bajo condiciones de simulación de un proceso de compostaje aeróbico intensivo. El inóculo utilizado consiste en un derivado maduro de compost estabilizado de ser posible derivado del compostaje de la fracción orgánica de la basura sólida municipal. El material de ensayo se mezcla con el inóculo en una proporción entre 5 – 10 % y se introduce en un recipiente estático donde se composta intensivamente bajo condiciones de oxígeno, temperatura y humedad óptimas durante un período de ensayo de no más de 6 meses. Este método está diseñado para simular las condiciones de compostaje aeróbico para abono de la fracción orgánica las basuras sólidas mixtas municipales.

Durante la biodegradación aeróbica del material de ensayo, el dióxido de carbono, el agua, las sales minerales, y los nuevos constituyentes celulares microbianos (biomasa) son los productos finales de la biodegradación. El dióxido de carbono generado y el oxígeno consumido se miden continuamente a intervalos regulares en recipientes de ensayo y de blanco para determinar la producción acumulada de dióxido de carbono. El porcentaje de biodegradación se mide mediante la relación entre el dióxido de carbono generado a partir del material de ensayo y la cantidad teórica máxima de dióxido de carbono que puede producirse a partir del material de ensayo. Así por ejemplo un 75% de biodegradación significa que un 75% de los átomos de carbono (C) presentes en el envase se convirtieron a dióxido de carbono (CO₂). El método también determina la velocidad del proceso de conversión, es decir en cuánto tiempo se logra el porcentaje especificado de biodegradación. La incubación debe realizarse a una temperatura constante de aproximadamente 58 °C.

La segunda etapa del método, que es muy importante, es la medición de la desintegración es decir la descomposición física del material plástico en muchos fragmentos pequeños. Esto es fundamental para que el envase pueda ser recuperado orgánicamente, que se desintegre en el procedimiento biológico sin que se observen efectos negativos en el proceso.

Por último se deben determinar los efectos ecotóxicos que eventualmente pudiera tener el plástico biodegradable en el desarrollo de las especies vegetales. O sea los materiales biodegradables no deben afectar negativamente la capacidad del compost de germinación y crecimiento de las plantas cuando se comparan con compost de control ó municipales. Además los materiales poliméricos no deben introducir niveles inaceptables de metales pesados y/o potencialmente tóxicos para el medio ambiente. Este ensayo se lleva a cabo con dos especies de plantas superiores que se cultivan en un compost de referencia y se comparan con las cultivadas en el compost obtenido de la biodegradación del material plástico. Se compara el número de plantas que crecen ó sea el número de germinaciones así como la velocidad de germinación y la biomasa producida en ambos sustratos. No existen efectos negativos cuando ambos ensayos dan resultados similares.

Estas condiciones descriptas son importantes de tener en cuenta cuando se trata de residuos plásticos biodegradables que son manejados por el sistema de gestión municipal ya que si estas condiciones no se cumplen en forma simultanea no se produce el proceso de biodegradación ni el de desintegración del envase. Es decir que si no hay un sistema de compostaje municipal para el tratamiento de la basura orgánica (restos de alimentos) no tiene sentido usar bolsas biodegradables ya que éstas no se van a degradar en tiempo y forma adecuada.

Otros métodos para medir la degradación

Existen otros métodos para medir la degradación de los materiales plásticos en forma abiótica ó sea sin la intervención de microorganismos que se basan en la propiedad de los plásticos de degradarse por acción de la radiación ultravioleta y del calor. Una síntesis de las normas es la siguiente:

Oxidación Térmica

Las normas ASTM D4102 y D4871 evalúan la degradación térmica. Básicamente se coloca el material plástico en una estufa a temperatura constante, entre 60 y 100 °C dependiendo del tipo de polímero, con circulación de aire y se evalúa a intervalos constantes sus propiedades mecánicas (elongación, tensión de rotura, etc.), peso molecular, tiempo de fragilización y visualmente. A este ensayo también se lo denomina Envejecimiento Térmico. El material plástico sufre un proceso de degradación con pérdida de las propiedades y desintegración en un período variable de semanas a meses.

Fotodegradación

Se lleva a cabo mediante las normas ASTM D5208, D53 y D3826. Una de las más usadas es la primera D 5208-01 denominada "Practica Estándar para la Exposición

a la Luz Fluorescente Ultravioleta de Plásticos Fotodegradables". Se trata de ensayos acelerado de degradación por rayos ultravioletas mediante lámparas especiales que emiten radiación ultravioleta reduciendo mucho el tiempo respecto a la exposición a la radiación natural del sol. Básicamente los métodos consisten en exponer los envases plásticos a la radiación de las lámparas en algunos casos combinando con la acción de lluvia con intervalos determinados. La degradación de los materiales plásticos bajo estas condiciones se produce en períodos desde los 15 a 60 días, o más, algunos ensayos demoran hasta 6 meses. El proceso de degradación se monitorea mediante la medida a intervalos constantes de las propiedades mecánicas, medición del índice de carbonilo, inspección visual, etc.

Compostaje

Se ha hecho referencia en varias oportunidades al proceso de compostaje por lo tanto resulta adecuado hacer una descripción de dicho proceso. Cabe señalar que en la mayoría de los casos los plásticos biodegradables se degradan únicamente en condiciones de compostaje por lo tanto resulta inútil usar materiales de envasado producidos con materiales biodegradables si luego de la recolección municipal de los residuos éstos no son tratados en plantas de compostaje.

¿QUÉ ES EL PROCESO Y UNA PLANTA DE COMPOSTAJE?

Compostaje es el proceso de descomposición al que son sometidos los materiales de desecho biodegradables, a fin de obtener un producto, el compost, útil como fertilizante. Se usa en horticultura, agricultura y forestación ya que mejora los suelos incrementando el drenaje de los terrenos arcillosos, mejora la infiltración del agua y la aireación de los mismos.

Este proceso se realiza en plantas de compostaje que en términos generales puede definirse como un proceso biotécnico donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. La biodegradación es consecuencia de la actividad de los microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición.

Existen varios sistemas de compostaje, no obstante, el objetivo de todos es, además de transformar los residuos en Compost, conseguir las condiciones consideradas letales para patógenos, parásitos y elementos germinativos (semillas, esporas). Para que el proceso de compostaje se lleve a cabo se necesitan varias condiciones que deben darse todas simultáneamente: humedad, temperatura, acidez, presencia de oxígeno e inóculos bacterianos.

- **Sistemas en Camellones ó Parvas**

Parvas, camellones ó pilas es la denominación que se le da a la masa de residuos en compostaje cuando la misma presenta una morfología y dimensiones determinadas. (pueden ser pilas ó hileras). A los sistemas donde se procesa el material mediante la conformación de estas estructuras se le denomina Sistema de Parvas ó Camellones.

De acuerdo al método de aireación utilizado, este sistema se subdivide en dos.

-
- a) *Sistemas de Parvas ó Camellones Móviles*, cuando la aireación y homogeneización se realiza por remoción y reconfiguración de las Parvas. Esta remoción se realiza mediante topadoras y/o palas mecánicas que cambian de lugar las Parvas produciendo el proceso de aireación y homogeneizado.
 - b) *Sistemas de Camellones ó Parvas Estáticas* cuando la aireación se realiza mediante instalaciones fijas, en las áreas ó canchas de Compostaje (Métodos Beltsville y Rutgers) que permiten realizar una aireación forzada sin necesidad de movilizar las parvas.

En muchos casos la etapa final de este proceso es una molienda "blanda" final con el consiguiente pasaje del compost por un tamiz que permite la separación de trozos de materiales grandes sin degradar.

- **Sistema en Reactores**

Los residuos orgánicos son procesados en instalaciones que pueden ser estáticas ó dinámicas, que se conocen como reactores. Básicamente los reactores son estructuras metálicas, cilíndricas ó rectangulares, donde se mantienen controlados determinados parámetros (humedad, aireación, etc), procurando que los mismos permanezcan en forma relativamente constante. Los reactores móviles además posibilitan la mezcla continua de los desechos mediante dispositivos mecánicos, con lo que se logra un proceso homogéneo en toda la masa en compostaje.

Este tipo de sistemas permite acelerar el proceso de compostaje, son siempre sistemas industriales y se aplican en aquellas situaciones donde diariamente se reciben volúmenes importantes de desechos para los cuales sería necesario disponer de superficies muy extensas.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) INTI – Centro de Plásticos. Informe N° 20-13495.
- 2) 'www.cpia.ca - Canadian Plastic Industry Association. Position on degradable plastics.
- 3) Plastic Europe. Position on Biodegradable and Compostable Plastics.
- 4) 'www.dow.com - The Dow Chemical Co. Tone Polymers (policaprolactonas).
- 5) 'www.natureworksllc.com - NatureWorks LLC – PLA.
- 6) 'www.materbi.com - Novamont NA.
- 7) 'www.science.org.au/nova – Biodegradable plastics.
- 8) 'www.plasticsindustry.org – SPI Society of Plastic Engineering. Degradable plastics.
- 9) 'www.healthysoil.org – Association of Compost Producers, USA.
- 10) 'www.compostingcouncil.org – US Composting Council.
- 11) 'www.corporate.basf.com
- 12) Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud.
- 13) Journal of Plastic Film and Sheeting. Volume 6, Number 1, January 1990, pages 63 to 79. Effects of Degradable Additives on Blown Film Properties.





EL PLASTICO A FAVOR DE LA VIDA

INFORMA - ASESORA - ASISTE
EN EDUCACION Y GESTION AMBIENTAL

**PUBLICACIONES C.I.T CENTRO DE INFORMACION TÉCNICA
BOLETINES TECNICOS – Títulos a la fecha**

1. Plásticos ignífugos o no inflamables.
2. Residuos Plásticos. Su aprovechamiento como necesidad.
3. Plásticos: su origen y relación con el medio ambiente.
4. ¿Qué hacer con los plásticos cuando concluyen su vida útil?
5. Manejo de los Residuos plásticos en Diferentes partes del mundo.
6. La relación entre los plásticos y los moduladores endocrinos.
7. Informe técnico sobre la performance ambiental de las bolsas plásticas.
8. La relación entre la biodegradación y los residuos plásticos.
9. Guía didáctica de las normas ISO – Serie 14.000.
10. Aportes para el capítulo “Envases” de una eventual Ley de Residuos Sólidos Urbanos.
11. Manual de valorización de los Residuos Plásticos.
12. Juguetes de PVC.
13. Gestión de los Residuos Plásticos Domiciliarios en la Argentina, Estados Unidos y Europa.
14. Esteres de Ftalatos su Relación con el PVC y sus Diferentes Aplicaciones.
15. Plásticos en la Construcción: su contribución a la Salud y el Medio Ambiente.
16. Plásticos de aplicación en el campo de la Salud: Envases Farmacéuticos y Cosméticos.
17. Envases Plásticos: Su relación con el Medio Ambiente
18. Recuperación Energética - a través de la co-combustión de residuos plásticos mixtos domiciliarios y residuos sólidos urbanos.
19. Estudio comparativo: envases descartables de PET vs. retornables de Vidrio.
20. Consideraciones Ambientales de las Bolsas de Comercio de Polietileno.
21. Degradación de los Materiales Plásticos.
22. Posición de Plastivida® Argentina con respecto a los plásticos Biodegradables.
23. Seguridad en el uso de recipientes plásticos en hornos a microondas y de botellas de agua en la heladera.

CENTRO DE INFORMACIÓN TÉCNICA

Reconquista 513 – 5° Piso – Of. B - (C1003ABK) Capital Federal
Tel / Fax: 011 4312-8158/8161 – E-mail: plastividaarg@plastivida.org.ar
www.plastivida.com.ar