

1. Introducción

Se presentan dos temas que actualmente se encuentran en gran desarrollo y son objeto de numerosos trabajos de investigación que están generando una evolución en la industria del plástico como lo son: biodegradabilidad y reciclaje.

Las recientes regulaciones ambientales y la creciente preocupación mundial sobre la correcta disposición de los desechos plásticos han motivado una masiva inversión por parte de las compañías para desarrollar polímeros biodegradables y conseguir una disposición más eficiente de los desechos plásticos.

2. Biodegradabilidad

Existen polímeros biodegradables derivados totalmente de bio-fuentes tales como: el maíz, la celulosa de madera, etc.; o pueden ser sintetizados por bacterias de pequeñas moléculas como el ácido butírico o ácido valérico. También existen polímeros derivados del petróleo (ej. poliéster alifático o co-poliéster alifático-aromático) y de fuentes mixtas entre el petróleo y biomásas^[1].

Las desventajas de los polímeros biodegradables son: el alto costo que actualmente tienen y las pobres propiedades que poseen en algunos aspectos como: fragilidad, baja temperatura de distorsión, alta permeabilidad de gases, baja viscosidad del fundido para el procesamiento, etc. Esto restringe, en un amplio rango, las aplicaciones en las cuales puede emplearse. Por esta razón, se ha invertido gran cantidad de recursos económicos en investigaciones dedicadas a conseguir la biodegradación de poliolefinas como el polietileno, el cual es uno de los que más se utiliza en aplicaciones donde los polímeros biodegradables tienen grandes limitantes (por ejemplo, empaques).

Entre las investigaciones de mayor auge para conseguir degradar el polietileno (PE), se encuentran dos áreas que actualmente están en desarrollo con resultados preliminares prometedores:

- Mezclas de PE con materiales biodegradables (como los almidones).

- Uso de aditivos para degradar el polímero.

a. Mezclas de PE con materiales biodegradables

Se han probado varias mezclas de PE con otros polímeros biodegradables como: almidones de papa o yuca (en una cantidad de 5 a 50%), Polihidroxibutírico (PHB), polihidroxivalerato (PHV), y poli(alcohol vinílico) (PVA).

La principal desventaja en estas mezclas es que se ha observado poca adhesión entre las fases formadas, lo cual afecta y disminuye sus propiedades mecánicas finales. Por ello, se encuentra en investigación el efecto de diferentes tipos de compatibilizantes entre estas mezclas.

Estudios de los compatibilizantes entre PE y almidones ha sido realizado por Vittoria Balsamo *et al.*^[2] y R.H. Mendonça *et al.*^[3]; entre PE de alta densidad y PVA por Rosmary Brandalise *et al.*^[4]; y entre mezclas de PE y PHB ha sido estudiado por Silvia Martelli^[5].

En general, se han encontrado técnicas y compatibilizantes que logran que las propiedades de las mezclas sean superiores al de cada componente individual (sinergismo).

Para degradar estas mezclas de PE se han organizado experimentos que consisten en enterrar las muestras en un medio que promueva la degradación como desechos sólidos orgánicos comunes en cualquier jardín^[4].

b. Aditivos que degradan el polímero

El uso de materiales totalmente degradables que puedan sustituir el PE es teóricamente factible pero, debido al alto consumo que este último tiene a nivel mundial, este cambio resultaría en una inversión masiva de recursos para lograr este objetivo.

Por el contrario, muchas empresas han decidido invertir en el desarrollo de tecnologías que permitan obtener PE degradable. Una de las técnicas consiste en agregar aditivos que promuevan la degradación del polímero luego de ser usado. Se han desarrollado aditivos que son térmicos y/o UV pro-degradable y también los llamados "oxo-degradables".

BOLETÍN TÉCNICO - BIODEGRADABILIDAD Y RECICLAJE DE PE



Entre las empresas que han desarrollado aditivos y/o emplean aditivos en la fabricación de sus aplicaciones de PE están:

- EcoSafe®. www.ecosafeplastics.com: producen empaques plásticos oxo-degradables y biodegradables^[6].
- Willow Ridge Plastics, Inc. www.biodegradableplastics.net: producen aditivos con base en almidón de maíz (biodegradable) con ingredientes pro-degradantes que usan métodos de activación por UV y oxidativos. También producen otros paquetes de aditivos que convierten al PE en oxo-degradable y UV-degradable^[7].
- ECM Biofilms. www.ecmbiofilms.com: esta empresa produce un conjunto de aditivos que aseguran ser biodegradables y no exclusivamente UV-degradables; es decir, requiere que el material reciba luz solar para poder ocurrir el proceso de degradación, lo cual indica que el material se degradará debido a compuestos bio-activos que atraen a colonias de microorganismos que metabolizan y neutralizan el polímero^[8].
- Aditivos TDPA™. www.epi-global.com: la degradación ocurre debido a la reacción del plástico con el oxígeno del aire (oxo-degradación), también se inicia por exposición a los rayos ultravioleta (UV-degradable), altas temperaturas y/o esfuerzos mecánicos. Esta empresa asegura que los productos fabricados con polietileno (bolsas de compras y de supermercados) han demostrado biodegradarse en materiales no tóxicos en un rango de tiempo comprendido desde unos pocos meses a algunos años,

dependiendo de la formulación del aditivo^[9].

- Aditivos Addiflex®. www.greenclubinc.com: aseguran producir la oxo-degradación del material hasta en un 90%^[10].
- Aditivos D₂W®. www.degradable.net: presenta un paquete de aditivos que activan la oxo-degradación del polietileno luego de un periodo de tiempo preseleccionado. Los aditivos son incluidos durante el proceso de extrusión^[11].

Frecuentemente se emplean metales para iniciar la oxidación de los materiales. Por eso algunos grupos ecológicos manifiestan que estos aditivos pueden generar residuos tóxicos, además del problema que algunos tipos de aditivos, como los activados por UV y por temperatura, no se degradarían en medios con ausencia de estos factores, por ejemplo: bolsas enterradas y piezas que se sumerjan en aguas profundas como los océanos.

Estos aditivos pueden ser preparados para que degraden el polímero en un tiempo de:

- 3 a 6 semanas en preparaciones especiales preparadas para ser enterradas.
- 3 a 5 años si es dejado en sitios como los rellenos sanitarios.
- 5 a 10 años para ser biodegradado.

3. Reciclado de polietileno.

Existen, principalmente, dos maneras de reciclar el plástico: reciclado mecánico y químico.

a. Reciclado mecánico

El reciclado mecánico consiste en la reutilización del producto, lo cual involucra remoler y fundir el plástico ya empleado para volverlo a moldear en una nueva forma o aplicación. Los plásticos deben ser clasificados y separados por tipo (material) antes de poder realizar el reciclado mecánico. Tecnologías para introducir la clasificación automática de los distintos tipos de plásticos están en desarrollo actualmente.

Identificadores fluorescentes

Consiste en la identificación óptica de los tipos de plásticos a través de identificadores fluorescentes incorporadas al material en pequeñas concentraciones previo a la manufactura del producto^[12].

Espectroscopia infrarroja

A través de la técnica de espectroscopia infrarroja se han hecho varios estudios para aumentar la eficiencia y rapidez en la identificación, clasificación y separación de los plásticos. La investigación realizada por Scott, D.M.^[13] incluye un aparato para identificar y separar automáticamente los desechos plásticos a través de un identificador que usa un filtro de dos colores en un espectrómetro infrarrojo cercano.

Proceso de reciclado PIM

La empresa Environmental Recycling Technology plc (ERT plc <http://www.ertplc.com>) ha desarrollado un proceso donde el plástico mezclado, e incluso con algunos contaminantes como la arena y el papel, puede ser fundido y remolido en pequeños granos que pueden ser utilizados en el procesamiento de nuevas piezas como parte del núcleo de la pieza e incluso de la superficie^[14].

Esta mezcla de materiales ha mostrado poseer buenas propiedades mecánicas, térmicas y para aislamiento del sonido, además de ser ligero.

b. Reciclado químico

Consiste en romper las cadenas poliméricas en sus monómeros constituyentes, que luego podrán ser empleados nuevamente en refinerías, producción química o petroquímica.

Pirólisis

Es un proceso donde los desechos son calentados en ausencia de oxígeno en un recinto cerrado para descomponerlos en sus componentes básicos.

Estudios realizados por NREL (National Renewable Energy Laboratory – USA)^[15] han desarrollado procesos de pirólisis donde se pueden descomponer ciertos tipos de desechos en los monómeros que los componen, permitiendo así poder utilizar estos componentes en la fabricación de nuevos polímeros. La ventaja de esta técnica es que los desechos no requieren ser clasificados ni separados antes de ser procesados por esta técnica.

Otro trabajo en esta área ha sido desarrollado por Buzeto Frabicio *et al.*^[16], quienes emplean un reactor de lecho fluidizado donde una mezcla de PEAD, PEBD y PP pudo ser descompuesta en compuestos como: metano, etano y propano, en fase gaseosa; y benceno y tolueno, en fase líquida.

Gasificación

Esta técnica produce gas que puede ser empleado para producir químicos, tales como: hidrógeno, metanol y amoníaco. En una primera etapa de baja temperatura, se calienta arena a 600 – 800°C, dentro de una cavidad de gasificación, luego los plásticos se introducen en el contenedor donde se descomponen y, al entrar en contacto con la arena, forman hidrocarburos, monóxido de carbono e hidrógeno. Esta mezcla de gases pasa a una segunda etapa de alta temperatura (entre 1300 y 1500°C) donde se mezclan y reaccionan con vapor de agua para producir, principalmente, monóxido de carbono e hidrógeno. A la salida del reactor, el gas se enfría rápidamente para evitar la formación de dioxinas.

Investigaciones recientes han permitido desarrollar técnicas para gasificar mezclas de PE y madera, una de estas investigaciones fue

desarrollada por Johannes van Kasteren^[17] donde se pudo conseguir condiciones óptimas del proceso de gasificación.

Empleo de los desechos como combustible alternativo

Existe la discusión de sí emplear los desechos plásticos como combustibles o en procesos de generación de potencia. La incineración de los desechos plásticos es uno de los procesos más contaminantes y nocivos para el ambiente, pero para reducir su impacto sobre el medio ambiente se ha empleado también como medio para generación de potencia.

Por otro lado, se han creado técnicas y también plantas que se encargan de producir combustibles a partir de desechos de plásticos (por ejemplo: RPF (Refused Paper and Plastic Fuel). Varias empresas japonesas se han dedicado al desarrollo de RPF y han formado la asociación de RPF de Japón, constituido por ocho compañías y nueve plantas, entre las que están Shinsho Corporation (<http://www.shinsho.co.jp/english/tekko-genryo.html>) y Sekishouten Co., Ltd (<http://www.sekishouten.jp>) quienes promovieron la creación de esta asociación y son las plantas con mayor tiempo de uso de estas tecnologías. Se está invirtiendo gran cantidad de dinero en Japón para la reducción en las importaciones de petróleo en pro del uso de energía renovables y de desechos. Este tipo de uso de energía tiene la ventaja adicional de reducir la cantidad de emisión de CO₂ a la atmósfera.

Existen otras empresas como Amandus Kahl GmbH & Co. KG (Alemania: http://www.amandus-kahl-group.de/index.php?set_lang=en), que también se encargan de producir este tipo de combustible de desecho.

4. Referencias Bibliográficas

[1] Mai, Yiu-Wing y YU, Zhong-Zhen. Polymer nanocomposites. Boca Raton, Florida, USA : Woodhead Publishing in Materials, 2006.
[2] Obtención de compatibilizantes para mezclas de polietileno/almidón mediante radiación microondas. Balsamo, Vittoria, Rivero, Ismael y Müller, Alejandro. Lima, Perú : SLAP, 2008. XI

Simposio Latinoamericano y IX Congreso Iberoamericano de Polímeros.

[3] Films of PE/Starch Blends - Degradation of These new Material. Mendoza, R.H., y otros. Rio de Janeiro : Emproner, 2005. Second Mercosur Congress of Chemical Engineer and Fourth Mercosur Congress of Process System Engineer.

[4] Estudo da biodegradação da mistura HDPE com PVA por processo de compostagem. Brandalise, Rosmary, Zeni, Mara y Martins, Johnny y Forte, Maria. Lima, Perú : SLAP, 2008. XI Simposio Latinoamericano y IX Congreso Iberoamericano de Polímeros.

[5] Martelli, Sílvia. Enviromentally Compatible Polymeric Blends and Composites Based on Oxo-Biodegradable Polyethylene. Università de Pisa - Electronic Theses and dissertation. [En línea] [Citado el: 25 de Septiembre de 2008.] <http://etd.adm.unipi.it/theses/available/etd-03082008-200256/>.

[6] ECOSAFE Biodegradable Plastic. Ecosafe Biodegradable Plastic. [En línea] [Citado el: 31 de Octubre de 2008.] <http://www.ecosafeplastics.com/>.

[7] Willow Ridge Plastics, Inc. Willow Ridge Plastics. [En línea] Willow Ridge Plastics, 2005. [Citado el: 31 de Octubre de 2008.] <http://www.biodegradableplastics.net/index1.html>

[8] ECM Biofilms, Inc. ECM MasterBatch Pellets. [En línea] [Citado el: 31 de Octubre de 2008.] <http://www.ecmbiofilms.com/>.

[9] Epi Enviromental Technologies, Inc. Epi. [En línea] Epi Enviromental Technologies, Inc, 2008. [Citado el: 31 de Octubre de 2008.] <http://www.epi-global.com/>.

[10] Green Club, Inc. Green Club, Inc. [En línea] [Citado el: 31 de Octubre de 2008.] <http://www.greenclubinc.com/>.

[11] Degradable Plastics. Degradable Plastics. [En línea] [Citado el: 31 de Octubre de 2008.] <http://www.degradable.net/>.

[12] A New Technology for Automatic Identification and sorting of Plastics for Recycling. Ahmad, S.R. 10, 2004, Environmental Technology, Vol. 25, págs. 1143 - 1149.

[13] A two-colour near-infrared sensor for sorting recycled plastic waste. Scott, D.M. 6, 1995, Measurement Science and Technology, págs. 156 - 159.

[14] Enviromental Recycling Technologies plc. Enviromental Recycling Technologies. [En línea] [Citado el: 31 de Octubre de 2008.] <http://www.ertplc.com>.

[15] Laboratory, National Renewable Energy. Industrial Innovations For Tomorrow - Advances

BOLETÍN TÉCNICO - BIODEGRADABILIDAD Y RECICLAJE DE PE



in Industrial Energy-Efficiency Technologies. Washington, USA : s.n., 1993.

[16] Recycling of Polyolefin By Pyrolysis in a Fluidized Bed Reactor. Buzeto, Frabicio, Kaminsky, Walter y Sinézio, Joao. Lima, Perú : SLAP, 2008. XI Simposio Latinoamericano y IX Congreso Iberoamericano de Polímeros.

[17] Co-gasification of wood and polyethylene with the aim of CO and H₂ production. van Kasteren, Johannes M.N. 2, 2006, Journal of Material Cycles and Waste Management, Vol. 8.

Este Boletín fue elaborado por la Gerencia de Mercadeo de Poliolefinas Internacionales, C.A. (POLINTER), con el apoyo de Investigación y Desarrollo, C.A. (INDESCA), en Caracas- Venezuela, en noviembre 2008 y revisado en enero 2017.

Si desea hacer algún comentario o sugerencia, agradecemos nos escriba a la dirección electrónica: info@polinter.com.ve, la cual pueden acceder a través de nuestra página web www.polinter.com.ve o a través de nuestro agente comercial: Corporación Americana de Resinas, CORAMER, C.A. (<http://www.coramer.com>).

La información descrita en este documento es, según nuestro mejor conocimiento, precisa y veraz. Sin embargo, debido a que los usos particulares y variables de los procesos de transformación están enteramente fuera de nuestro control, el ajuste de los parámetros que permiten alcanzar el máximo desempeño de nuestros productos para una aplicación específica, es potestad y responsabilidad del usuario y confiamos en que la información contenida en el mismo sea de su máximo provecho y utilidad.

Para obtener información más detallada de los aspectos de seguridad relativos al manejo y disposición de nuestros productos, le invitamos a consultar las hojas de seguridad (MSDS) de los Polietilenos Venelene®.