

Exposición a intemperie de bolsas de polietileno con aditivos oxodegradantes

María Silvia Alonso, Sergio Omar Madregal, Víctor Iván Escalier, Daiana Soledad Romero

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Jujuy

Contacto: msalonso12@gmail.com



RESUMEN

Este trabajo fue realizado para determinar, a través de mediciones de las propiedades mecánicas y de peso, el grado de degradación de muestras de bolsas de polietileno con diferentes aditivos pro-degradantes, al exponerlas a intemperie sobre un panel con diferentes inclinaciones, en distintas estaciones del año. Debido al tratamiento, ocurrió una disminución en los valores de las propiedades de tracción, con respecto a controles sin tratar. El peso final de las muestras expuestas pudo determinarse sólo en los períodos otoño-invierno, en los cuales hubo un aumento compatible con una captación de oxígeno molecular. Los cambios en las variables medidas dependieron del aditivo oxodegradante, de la época del año (condiciones climáticas) y de la inclinación del panel. Los resultados obtenidos indican que los plásticos han sido oxodegradados de manera significativa en las condiciones aplicadas, lo cual podría favorecer una posterior degradación biótica, con participación de microorganismos, proceso que será estudiado.

ABSTRACT

This work was carried out to determine, through measurements of the weight and mechanical properties, the degree of degradation of samples of polyethylene bags with different pro-degrading additives, when exposed to the weathering conditions on a panel with different inclinations, in different seasons. Due to the treatment, there was a decrease in the values of the tensile properties, with respect to untreated controls. The final weight of the exposed samples could only be determined in the autumn-winter periods, in which there was an increase compatible with uptake of molecular oxygen. The changes in the measured variables depended on the oxodegrading additive, the time of year (climatic conditions), and the inclination of the panel. The results obtained indicate that the plastics have been significantly oxodegraded under the applied conditions, which could favor a subsequent biotic degradation, with the participation of microorganisms, process that will be studied.

INTRODUCCIÓN

El polietileno es uno de los plásticos presentes en mayor porcentaje en los residuos sólidos urbanos; en el caso de Argentina, así lo muestran las mediciones que, al respecto, fueron realizadas en las últimas décadas para poblaciones de diferentes regiones del país [1], [2]. La fracción de polietileno en los residuos sólidos domiciliarios incluye una importante cantidad de objetos tales como bolsas, que no son separados para reciclaje sino que, luego de recolectados, son directamente dispuestos en rellenos sanitarios, en donde ocupan volúmenes muertos importantes, ya que en condiciones naturales se degradan muy lentamente. Esta permanencia en el ambiente también ocurre, y es más evidente a simple vista, para la basura plástica desechada libremente ("litter").

A fin de paliar las consecuencias ambientales de las bolsas de plástico, se está promoviendo en Argentina desde hace algunos años, el uso de bolsas degradables, a través de disposiciones legales, provinciales y nacionales, algunas ya sancionadas y vigentes y otras propuestas aún por aprobar [3, 5].

A partir de estas medidas han empezado a utilizarse en nuestro país bolsas de polietileno de un solo uso que contienen aditivos pro-degradantes, aunque no se han realizado a nivel local estudios previos de degradación de estos nuevos materiales con diferentes agentes degradadores (radiaciones o microorganismos, entre otros), lo que de hacerse permitiría inclusive poder comparar el efecto de los diferentes aditivos pro-degradantes.

Este trabajo fue realizado con el objetivo de conocer el grado de degradación alcanzado al exponer a la intemperie, en S.S. de Jujuy (Argentina), durante diferentes épocas del año, bolsas de polietileno conteniendo distintos aditivos pro-degradantes.

METODOLOGÍA

Materiales y equipos

Para la realización de este trabajo se seleccionaron bolsas de polietileno de alta densidad (PEAD) pos-consumo que, según sus leyendas, contenían algún aditivo pro-degradante: AddiFlex® o d2w®. Estas bolsas son expandidas en algunos supermercados de San Salvador de Jujuy.

Para la exposición de los plásticos a los agentes físicos naturales se utilizó como soporte un panel construido en acero según las normas ASTM D 5272-08 y ASTM G 7-05 [6], [7].

El peso de las muestras fue medido por medio de una balanza analítica con precisión de diezmilésima de gramo.

Los ensayos de tracción se realizaron con una máquina uniaxial.

Preparativos

De las bolsas se cortaron muestras cuyas dimensiones promedio fueron de 13 cm x 20 cm, evitando las zonas con leyendas.

Se midió el espesor de cada película de PE con un espesímetro con apreciación de 1 µm. El espesor de las películas de PEAD con AddiFlex fue de 16,7 µm, y el espesor de las películas con d2w fue de 15,4 µm.

Una vez cortadas las muestras se las limpió con solución de etanol, sumergiéndolas durante 15 min. Luego se secaron en estufa por 30 min a 70 °C y se las colocó en desecador hasta peso constante. Finalmente se midió el peso inicial de las muestras (Figura 1) que serían sometidas luego a la exposición a intemperie.



Figura 1: Pesaje de muestra plegada antes del tratamiento de exposición a intemperie.

Exposición a intemperie

El tratamiento de exposición a intemperie se hizo en la ciudad de San Salvador de Jujuy (Latitud S24°11'40", Longitud O65°17'49", Altitud s.n.m. 1260 m) en distintos períodos del año, con diferentes inclinaciones del panel, y con orientación al Norte, según se propone en las normas ASTM D 5272-08 y ASTM G 7-05 [6], [7]. La Figura 2 muestra los plásticos colocados en el panel.

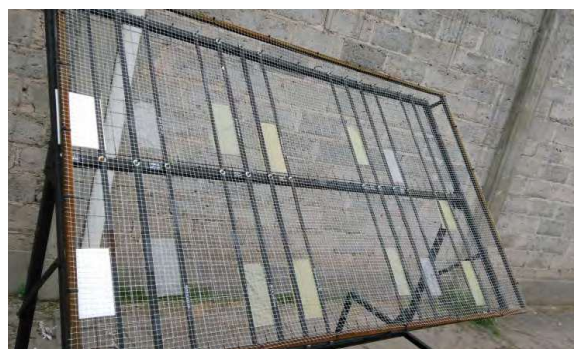


Figura 2: Foto del panel con películas de polietileno expuestas a intemperie. En la parte central se observan las muestras de PEAD con aditivos oxodegradantes AddiFlex® y d2w®.

Un primer grupo de muestras se expuso a 45° en la época de otoño e invierno, y luego un segundo grupo de muestras se expuso con la misma inclinación del panel durante la época primaveral. Un tercer grupo de muestras fue expuesto a una inclinación de 24° (aproximada a la latitud del lugar) en la época de verano. Y finalmente un cuarto grupo se expuso a esta última inclinación durante la época de invierno. El tiempo de exposición fue elegido en función de que otros autores [8], [9], que informaron haber hallado, para otras latitudes y otras condiciones climáticas, una degradación importante de polietileno, por exposición a intemperie durante más de dos meses.

Determinación de la degradación

Terminado el tiempo de exposición de cada grupo de muestras, éstas fueron retiradas del panel. Luego se las limpió con etanol, se las secó en estufa por 30 min a 70 °C y se colocaron en desecador hasta peso constante.

Para determinar el grado de degradación de las muestras se midió el peso final de cada una en la balanza analítica mencionada, determinando la variación de peso de cada muestra después de expuesta, con respecto a su peso original y sobre probetas cortadas de cada muestra se hicieron ensayos de tracción.

Las probetas para los ensayos de tracción tuvieron una dimensión de 33 mm x 6 mm. Desde las bolsas sin tratamiento se cortaron los respectivos controles. Para el ensayo de tracción se siguieron las normas IRAM 13316 y ASTM-D638-14 [10], [11]. El equipo utilizado para medir las propiedades de tracción trabajó a una temperatura ambiente promedio de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y a una velocidad de 1mm/s. En la Figura 3 se muestra una probeta luego de la tracción.



Figura 3: Muestra de polietileno con aditivo oxodegradante expuesta a intemperie luego del ensayo de tracción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para los tratamientos de exposición a intemperie realizados en otoño e invierno, con las diferentes inclinaciones del panel, se encontró un aumento en el peso de las muestras, lo cual es compatible con una incorporación de O_2 durante un proceso de oxodegradación [12]. Esta captación de oxígeno molecular habría estado favorecida en el caso de estos estudios por la presencia de los aditivos d2w o AddiFlex, habiéndose obtenido un aumento de peso hasta 9 veces mayor para el polietileno conteniendo el primer aditivo con respecto al que contenía el segundo aditivo. Para los ensayos correspondientes a períodos de primavera y verano, no se pudo determinar el peso final de las muestras con certeza, ya que las mismas mostraban una importante fragilidad al manipularlas, lo que condujo visiblemente, o pudo haber conducido probablemente, a pérdidas de material durante la operación de limpieza de los plásticos antes de su pesaje final.

Para ensayos realizados por este grupo de trabajo, con los mismos plásticos de este estudio, en cámara de intemperismo acelerado, con lámparas UV-A, 50°C, 50 % de humedad y aireación intermitente, durante 500-1000 horas, se obtuvieron muestras finales que no presentaban el alto grado de suciedad de las resultantes de los ensayos a intemperie natural presentados aquí, y, en todos los casos, las muestras de ese ensayo en laboratorio, en recinto cerrado, mostraron un aumento de peso una vez terminado el tratamiento [13].

En las Tablas 1 y 2 se presentan los resultados de tracción de las muestras luego de la exposición de los plásticos, para los diferentes períodos de ensayo, y para los respectivos controles sin exponer. Debido al tratamiento de exposición a intemperie, en todos los casos hubo una disminución importante en los valores de estas propiedades mecánicas de los materiales estudiados, con mayor intensidad de variación para la elongación a rotura (hasta más de 95 % de reducción) que para la tensión a rotura (disminución promedio de 60 %). Para ambas inclinaciones del panel ensayadas, los cambios en las propiedades de tracción fueron mayores para los períodos de primavera y verano (con mayor temperatura, precipitaciones e irradiancia) que para las de otoño-invierno.

Tabla 1: Resultados de tracción para PEAD+d2w®

Plástico Inclinación panel	Período de expo- sición	Dirección longitudinal			
		Control		Muestra tratada	
		Elongación [%]	Tensión [MPa]	Elongación [%]	Tensión [MPa]
PEAD + d ₂ w 45°	Otoño-Invierno 2018	546	44	36	26
	Primavera 2018	546	44	12	4
PEAD + d ₂ w 24°	Verano 2019	546	44	7	25
	Invierno 2019	546	44	15	25

Tabla 2: Resultados de tracción para PEAD + AddiFlex®

Plástico Inclinación panel	Período de exposición	Dirección longitudinal			
		Control		Muestra tratada	
		Elongación [%]	Tensión [MPa]	Elongación [%]	Tensión [MPa]
PEAD + AddiFlex 45° 2018	Otoño-Invierno 2018	290	42	48	24
	Primavera 2018	290	42	21	4
PEAD + AddiFlex 24° 2019	Verano 2019	290	42	9	14
	Invierno 2019	290	42	16	23

Comparando las propiedades de tracción de las muestras al final de cada período de exposición con las propiedades de los controles, sin tratamiento, la disminución ocurrida por el tratamiento, especialmente para la elongación a rotura, resulta mayor para las muestras con d₂w, lo cual indica, a partir de estos estudios, un mejor desempeño de este aditivo como pro-degradante.

Otros autores [8], [9] expusieron a intemperie, en Porto Alegre (Brasil) y en Quito (Ecuador), trozos de bolsas de polietileno utilizadas en esos países, y que contenían aditivos pro-degradantes. Los primeros [8] encontraron una progresiva disminución en las propiedades mecánicas de polietileno de alta densidad con d₂w: A los 3 meses de exposición de las muestras, contenidas en el interior de sobres transparentes de polipropileno, y con una inclinación del panel a 30° hacia el Ecuador, hallaron una tensión a rotura de 16 MPa y una elongación a rotura de 60 %, con respecto a 52MPa y 400 % respectivamente para las condiciones iniciales de las

muestras sin tratar, y a más de 4 meses estos valores cayeron a 0, por desintegración del material. En el caso de los estudios realizados en Quito [9], con un panel inclinado a 45°, se encontraron, para dos tipos de bolsas de polietilenos con aditivos (sin especificación de los mismos), expuestas durante 4 meses, reducciones tanto de la tensión a rotura y de la elongación a rotura de 56 % en el caso de las bolsas plásticas con uno de los aditivos, y de 79% en el caso de las bolsas con el otro aditivo.

Por otra parte, Ojeda [8] encontró que, de manera similar a lo hallado por otros autores y con otros microorganismos, una exposición prolongada de plásticos oxodegradables a la intemperie favorece el desarrollo de biopelículas de algunas especies de mohos y de bacterias, las cuales estarían utilizando los productos de la degradación abiótica como fuente de carbono y de energía. De modo que, una etapa previa de tratamiento a intemperie de plásticos oxo-degradables podría favorecer su biodegradación posterior, lo cual debería ser moti-

vo de un estudio complementario para las bolsas de polietileno con aditivos utilizadas, y desechadas como residuos, en S. S. de Jujuy, con una etapa abiótica realizada en las condiciones locales.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados encontrados, se puede concluir que:

1. Es posible degradar, en San Salvador de Jujuy, bolsas pos-consumo de polietileno de alta densidad conteniendo diferentes aditivos promotores de oxodegradación, por exposición prolongada a intemperie.
2. La degradación lograda depende de: el aditivo agregado al polímero de base para favorecer su degradación (habiendo resultado, para estos estudios, mejor el d2w que el Ad-diFlex), de la inclinación del panel soporte de las muestras, y sobre todo de la época del año en la que se realice el tratamiento. Para estos estudios se encontró una mayor degradación para los ensayos realizados durante los meses de primavera y verano, con mayor radiación, temperatura ambiente y precipitaciones.
3. El tratamiento de este estudio podría ser aplicado para mayores cantidades de residuos de bolsas de polietileno con pro-degradantes, y podría constituir una primera etapa de degradación, para favorecer una posterior degradación biótica, sucesión de procesos que está siendo estudiada por este equipo de trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a SECTER-UNJu, por el financiamiento de estos estudios, y al personal del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy, en cuya máquina uniaxial se han realizado los ensayos de tracción de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Cittadino, A.; Fontan, C.; De Luca, M.; Rosso, M. (2020). Los plásticos en los residuos sólidos urbanos. Tipos y cantidades en las estadísticas de CEAMSE. En N. Sbarbati Nudelman (editora). *Residuos Plásticos en Argentina. Su impacto ambiental y en el desafío de la economía circular*, 127-139.
- [2] Alonso, M.S., Madregal S.O., Lozano A.R. (2006). Minimización de los residuos plásticos domiciliarios de San Salvador de Jujuy. *15º Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente*, 2,40-43
- [3] Legislatura de Jujuy (2009). Ley N° 5630 *Prohibición del uso de bolsas de material no biodegradable en el territorio de la Provincia de Jujuy*.
- [4] Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2009). Ley N° 3147.
- [5] Fernández Langan, E.; Berisso, H.; Piccolomini, C.; Sahad, J. (2020). *Proyecto de Ley: Régimen de reducción del uso de plásticos descartables*. Congreso de la Nación Argentina, Buenos Aires.
- [6] ASTM International (2008). *ASTM D5272-08 Standard Practice for Outdoor Exposure Testing of Photodegradable Plastics*. American Society for Testing Materials, Conshohocken, Pensilvania, 4pp.
- [7] ASTM International (2005). *ASTM G-7-05 Standard Practice for Natural Weathering of Materials*. American Society for Testing Materials, Conshohocken, Pensilvania, 7pp.
- [8] Ojeda, T. F. M.; Dalmolin, E.; Forte, M. M. C.; Jacques, R. J. S.; Bento, F. M.; Camargo, F. A. O. (2011). Degradability of linear polyolefins under natural weathering. *Polymer Degradation and Stability*, 96, 703-707
- [9] Quiroz, F.; Cadena, F.; Sinche, L.; Chango I.; Aldás, M. (2009). Estudio de la degradación en polímeros oxo-biodegradables. *Revista Politécnica*, 30(1), 179–191.
- [10] IRAM (1989). *Norma 13316 Plásticos: ensayos de tracción*. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires, 9pp.
- [11] ASTM International. (2003). *ASTM D-638-02a. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*. American Society for Testing Materials, Conshohocken, Pensilvania, 13pp.
- [12] Alonso, M. S.; Madregal, S. O.; Escalier, V. I.; Viturro, C. I. (2018). Variación en el peso de polietileno con aditivo oxo-degradante por acción simultánea de calor y radiación ultravioleta. *IV Congreso Argentino de Ingeniería – X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería*, Art. 195.
- [13] Arutchelvi, J.; Sudhakar, M.; Arkatkar, A.; Doble, M.; Bhaduri, S.; Uppara, P.V., (2008). Biodegradation of polyethylene and polypropylene. *Indian Journal of Biotechnology*, 7, 9-22.