

## VARIACIÓN EN EL PESO DE POLIETILENO CON ADITIVO OXO-DEGRADANTE POR ACCIÓN SIMULTÁNEA DE CALOR Y RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

**ALONSO, María Silvia**, Facultad de Ingeniería de la U.N.Ju., msalonso12@gmail.com

**MADREGAL, Sergio Omar**, Facultad de Ingeniería de la U.N.Ju., somadregal@yahoo.com.ar

**ESCALIER, Víctor Iván**, Facultad de Ingeniería de la U.N.Ju., viives.1990.2009@gmail.com

**VITURRO, Carmen Inés**, Facultad de Ingeniería de la U.N.Ju., civiturro@arnet.com.ar

**Resumen**— El objetivo de este trabajo fue evaluar el grado de degradación de bolsas de polietileno, conteniendo un aditivo para mejorar su oxo-degradabilidad, como consecuencia de la exposición simultánea y prolongada de películas de este material plástico, sin uso previo, a dos agentes físicos de tratamiento. El ensayo se realizó en una cámara de intemperismo acelerado, con humedad de 50 % y aireación intermitente, y consistió en someter muestras del plástico estudiado a la acción de calor (50°C) y a la vez radiación ultravioleta (UV-A) durante tiempos comprendidos entre 500 h y 1000 h. La degradación ocurrida, sobre muestras, de 3,3 cm x 7,0 cm, ensayadas por triplicado en todos los casos, se midió a través de la variación en el peso de cada una, con respecto al que la misma tenía justo antes de iniciar el ensayo. Se empleó para pesar una balanza analítica con precisión de centésima de miligramo. A las 500 h, 750 h y 1000 h de tratamiento, se extrajeron y pesaron muestras. En todos los casos, se verificó un aumento de peso de las muestras, el que sería una consecuencia de la incorporación de oxígeno molecular a la estructura del polietileno, por un proceso de oxodegradación activado por el aditivo agregado al polímero de base.

**Palabras clave**— *polietileno, aditivo oxodegradante, gravimetría, intemperismo acelerado, degradación abiótica.*

### 1. Introducción

El porcentaje de los plásticos presentes en los residuos sólidos urbanos varía de un país a otro, y de una ciudad a otra para un país determinado, existiendo una influencia del nivel socioeconómico de la población estudiada. También se observa un incremento de este porcentaje a través de los años, en particular desde comienzos de la década de los '90, debido a un incremento en el consumo de elementos de plástico de corta vida útil [1], [2].

Es importante tener en cuenta que la reducción (por minimización) del volumen de los plásticos dispuestos en un relleno sanitario permite aumentar la vida útil del relleno [1], lo que resulta de gran utilidad, especialmente para ciudades en donde existen, por alguna razón, problemas de escasez de sitios aceptables para la construcción de rellenos sanitarios.

Para poder minimizar estos residuos, puede recurrirse a la biodegradación de los plásticos, la cual, para estos materiales en general, y para el polietileno en particular, en condiciones naturales como ser: suelo, residuos orgánicos, compost de diverso origen y composición, ocurre a velocidades demasiado lentas como para que la aplicación de este proceso de tratamiento de plásticos sea viable a gran escala [3], [4].

Para mejorar la biodegradación de los plásticos se comenzaron a agregar a los mismos, compuestos denominados pro-degradantes, los cuales favorecen una primera etapa, de oxo-degradación, conduciendo a la formación de fragmentos de menor peso molecular que el plástico original, lo cual lo hace más susceptible a la acción de los microorganismos en una posible etapa de degradación biótica [5]. Los pro-degradantes contienen en su estructura iones metálicos tales como  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , o  $Co^{+2}$ , que son altamente eficientes para catalizar la descomposición homolítica de hidroxiperóxidos en radicales libres [2], [6], [7], [8], [9], [10], favoreciendo así la etapa abiótica de la reacción total de degradación.

Tomando como base estas características de los pro-degradantes, en esta última década, en numerosas ciudades de nuestro país se sancionaron leyes que promueven el uso de estos aditivos pro-oxidantes en las bolsas de supermercado [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], como así también en otros países [2].

Por ello resulta conveniente, siendo la finalidad de este estudio determinar, el grado de degradación de bolsas de polietileno con aditivos que se someten a la exposición a agentes físicos (calor y UV-A, en este caso) para mejorar su oxodegradabilidad, y esta determinación tiene como objetivo final evaluar la degradación de estos plásticos por acción de agentes físicos (radiación ultravioleta y calor) y posteriormente realizar el estudio con agentes biológicos, en particular microorganismos.

Se pueden utilizar diferentes variables para evaluar la degradación de plásticos, entre ellas la variación de peso de los mismos [18], siendo la gravimetría una técnica relativamente simple y económica con respecto a otras posibles técnicas evaluativas.

## **2. Materiales y Métodos**

Las muestras para estos ensayos se extrajeron de bolsas de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) que de acuerdo al rótulo impreso en las mismas, contenían el aditivo “AddiFlex”® (Figura 1).

*Variación en el peso de polietileno con aditivo oxo-degradante por acción simultánea de calor y radiación ultravioleta*



Figura 1: Bolsa de polietileno de alta densidad con la leyenda que indica el aditivo oxodegradante que contiene, en este caso AddiFlex(R).

Fuente: Elaboración propia

Estas bolsas fueron obtenidas de supermercados de San Salvador de Jujuy y de las mismas se cortaron muestras rectangulares de 3,3 cm x 7,0 cm (Figura 2).



Figura 2: Muestra de polietileno extraída de una bolsa de supermercado, con las dimensiones especificadas: 3,3 cm x 7,0 cm.

Fuente: Elaboración propia

Las muestras rectangulares de plástico se limpiaron con una solución de etanol, y luego se secaron en una estufa a 70°C y se pesaron (Figura 3), a peso constante, con una balanza analítica con precisión de diezmilésima de gramo (5 decimales) obteniendo así el peso inicial de las mismas.



Figura 3: Tratamiento de las muestras para la operación de pesado.

Fuente: Elaboración propia

### *Variación en el peso de polietileno con aditivo oxo-degradante por acción simultánea de calor y radiación ultravioleta*

Las muestras fueron expuestas a radiación UV y a calor en una cámara de envejecimiento o intemperismo acelerado (Figura 4) especialmente construida a los efectos, provista de tubos de luz UV-A (350-400nm) y de aireación intermitente por ventilación forzada, con un sistema de regulación automática de temperatura mantenida en alrededor de 50°C, que se midió en la cámara con termómetro de bulbo seco. Se trabajó con una humedad relativa de 50%, la cual es el valor promedio anual para San Salvador de Jujuy, en donde se realizaron los estudios. La humedad en la cámara se midió utilizando termómetros de bulbo seco y húmedo y recurriendo a una carta psicrométrica.



Figura 4: Las muestras para su tratamiento abiótico se colocaron dentro de la cámara de interperismo.  
Fuente: Elaboración propia

Las condiciones experimentales no difieren significativamente de las usadas por otros grupos de investigación [19], [7].

En este trabajo la degradación de las muestras se midió a través de la variación en el peso de cada muestra, con respecto al que la misma tenía justo antes de iniciar el ensayo.

El tiempo de tratamiento fue variable: las muestras se retiraron de la cámara a las 500 horas, 750 horas y a las 1000 horas, se limpiaron, secaron y pesaron con la misma técnica utilizada para la obtención del peso inicial (Figura 3). Para la medición del peso después del tratamiento se empleó la balanza analítica mencionada anteriormente.

Los tiempos de exposición en la cámara se eligieron en función de que otros autores, Quiroz et al. [7] informaron haber hallado, evaluando otras variables diferentes al peso, una degradación importante en el polietileno de alta densidad, aplicando luz UV-A y calor (63°C) durante 500 horas a 1000 horas.

Cabe aclarar que no existen Normas para el tema de este trabajo, ni tampoco publicaciones de otros autores con cuyos resultados puedan compararse los de estos ensayos.

### 3. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos luego de los diferentes tratamientos fueron los que se resumen en la Figura 8.

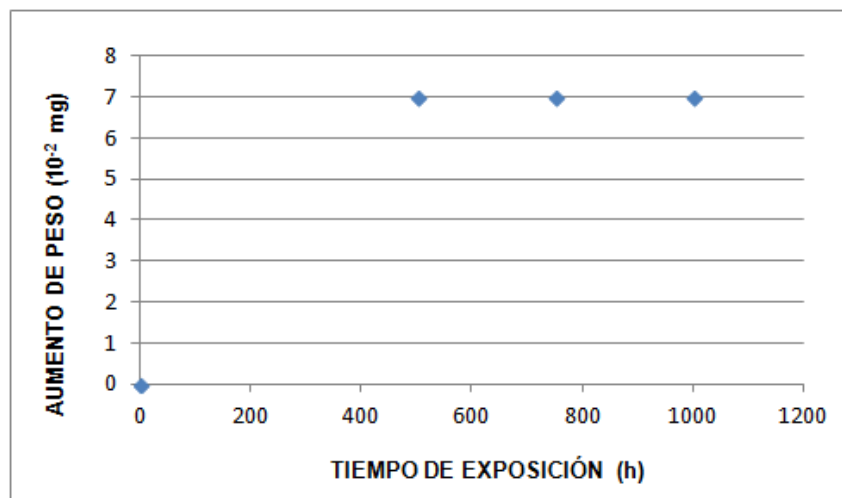


Figura 5: Promedios de aumentos de peso para diferentes tiempos de tratamiento en la cámara de envejecimiento acelerado.

Fuente: elaboración propia

Se observa que hubo un incremento de peso debido al tratamiento con radiación ultravioleta y calor, lo que se debería a la captación de oxígeno molecular, favorecida por la presencia del aditivo AddiFlex® en el plástico, en las primeras etapas del proceso abiótico, de acuerdo al mecanismo de degradación del polietileno propuesto por Arutchelvi et al. [5] y Eyenga et al. [10].

Este incremento se mantuvo invariable para los diferentes tiempos de aplicación de los agentes físicos en la cámara de envejecimiento acelerado, lo cual indicaría, para mecanismo antes citado, que el proceso se encuentra aún, sobre todo, en las etapas de incorporación de oxígeno molecular, y todavía no son preponderantes reacciones que impliquen una pérdida de peso del polímero estudiado.

Quiroz et al. [7] exponiendo polietileno a radiación UV-A y calor (63°C) durante un rango de tiempo similar al de estos estudios, observaron altos niveles de degradación a través de otras técnicas para evaluar la degradación ocurrida (espectroscopia infrarroja y calorimetría diferencial de barrido), o sea que no recurrieron a la gravimetría, utilizada como técnica de evaluación en el presente trabajo. Por lo que no se pueden comparar los resultados encontrados aquí con los de esos autores, aunque resultaría de interés incorporar otras técnicas, como las recién mencionadas, o las propiedades mecánicas utilizadas por diversos autores [7], [19], para evaluar la degradación como técnicas complementarias a la de variación de peso.

#### 4. Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones más importantes de este trabajo son:

1. Hubieron cambios en los pesos de los plásticos manifestados como un aumento de los mismos indicando preponderancia de la captación de oxígeno molecular frente a la ruptura de las cadenas poliméricas.
2. Los resultados luego del tratamiento fueron los mismos independientemente del tiempo aplicado.
3. Es posible utilizar la gravimetría como una técnica para evaluar la degradación de polietileno, ya que resulta una técnica sencilla y económica.
4. Sería recomendable incorporar otras técnicas de evaluación adicionales, como complemento de la de variación de peso, para una mejor comprensión del proceso.

#### 5. Referencias

- [1] ALONSO M.S. LOZANO, A. R. APAZA, A.M. VILTE. E.D, (2000). Residuos plásticos de Jujuy: caracterización en pesos y volúmenes. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4 (2): 6.41-6.42.
- [2] ALDAS, M. PALADINES, A. VALLE, V. PAZMIÑO, M. QUIROZ, F. (2018). Effect of the Prodegradant-Additive Plastics. *Polyethylene Recycling. International Journal of Polymer Science*. 2018. 1-10. 10.1155/2018/2474176.
- [3] VIJAYA C., MALLIKARJUNA REDDY, R. (2008). Impact of soil composting using municipal solid waste on biodegradation of plastic. *Indian Journal of biotechnology*. 7: 235-239.
- [4] ORHAN Y, HRENOVIC J, BUYUKGUNGOR H (2004). Biodegradation of Plastic Compost Bags Under Controlled soil condition. In *Acta Chim Slov* 51:579–588.
- [5] ARUTHELVI J., M. SUDHAKAR, A. ARKATKAR, M. DOBLEBHADURI, S. y UPPARA, P.V. (2008). Biodegradation of polyethylene and polypropylene. *Indian Journal of Biotechnology*. 7:9-22..
- [6] OJEDA, F. DALMOLIN, E. FORTE, M. JACQUES, R. BENTO, F. y CAMARGO, F.. (2009). Abiotic and biotic degradation of oxo-biodegradable polyethylenes. *Polymer degradation and stability*. 64: 965-970..
- [7] QUIROZ, F. CADENA, F. SINCHE , L. CHANGO, I. y ALDÁS, M. (2009). Estudio de la degradación en polímeros oxo-biodegradables. *Revista Politécnica*. 30(1):179-191.
- [8] VAVÉRKOVA, M. KOTOVICOVÁ, J. y ADAMCOVÁ, D. (2011). Testing the biodegradability and biodegradation rates of degradable/biodegradable plastics within simulated environment. *Infrastructure and ecology of rural areas*. 12:93-101.
- [9] VÁZQUEZ, Y.V. RESSIA, J. BARBOSA, S.E. y VALLÉS, E.. Análisis del efecto de aditivos oxodegradantes sobre poliolefinas comerciales. In *Trabajos del VII Congreso Argentino de Ingeniería Química*. Rosario, Santa Fe, 20 al 23 de octubre. 2013.

- [10] EYENGA, I., FOCKE, W., PRINSLOO, L., y TOLMAY, A. (2001). Photodegradation: A Solution for the Shopping Bag “Visual Pollution” Problem?. *South African Journal of Science*, 97, 365–362.
- [11] CONCEJO DELIBERANTE DE LA CIUDAD DE SALTA. (2008). Ordenanza N° 13553/08.
- [12] CONCEJO DELIBERANTE DE LA CIUDAD DE SAN FERNANDO DEL VALLE DE CATAMARCA. (2007). Ordenanza N° 2472/07.
- [13] CONCEJO DELIBERANTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DEL ESTERO. (2016). Ordenanza N° 5325/16.
- [14] GOBIERNO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. (2016). Resolución N° 341/16.
- [15] LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE JUJUY. (2009). Ley 5630.
- [16] SENADO Y CÁMARA DE DIPUTADOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. (2008). Ley 13868.
- [17] SENADO Y CÁMARA DE DIPUTADOS DE LA PROVINCIA DE MENDOZA. (2007). Ley 7765.
- [18] ALONSO, M. S. MADREGAL, S. O. ÁVALOS, N. R. y GARZÓN, L. M.. (2016) . Biodegradación de polietileno en suelo inoculado con mohos y bacterias. *Rev. Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*. 642-64.
- [19] YASHCHUK, O., F.S. PORTILLO, E.B. HERMIDA. (2012). Degradation of Polyethylene Film Samples Containing Oxo-Degradable Additives. *Procedia Materials Science*. Volume 1 Pages 439-445.

## **6. Agradecimientos**

Este estudio contó con el financiamiento de un subsidio de investigación otorgado por SECTER – U.N.Ju.,