

## EFECTO DE LA ADICIÓN DE ADITIVOS “OXO” EN POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD Y POLIPROPILENO REPROCESADOS

Evelyn G. Salazar, Johan J. Sánchez\*, María L. Arnal, Alejandro J. Müller

Grupo de Polímeros USB (GPUSB), Dpto. de Ciencia de los Materiales, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela

\* e-mail: jjsanchez@usb.ve

## RESUMEN

En este estudio se evaluó la influencia del reprocesamiento y posterior envejecimiento térmico acelerado sobre polipropileno (PP) y polietileno de baja densidad (PEBD), en presencia de un aditivo pro-oxidante (“*oxo*”). Para el análisis se emplearon películas obtenidas de una primera, quinta y décima pasada por la extrusora, evaluándose sus propiedades por ensayos tensiles, espectroscopía infrarroja e índice de fluidez. Los resultados indican que en el caso de PP, cuando es reprocesado en presencia del aditivo *oxo*, con y sin envejecimiento térmico posterior, sus propiedades no se ven modificadas, sugiriendo que su reciclabilidad es posible. En el caso del reprocesamiento del PEBD, con y sin *oxo*, tampoco se observaron cambios apreciables que pudieran limitar su reciclabilidad en el ámbito industrial. Sin embargo, el PEBD envejecido térmicamente, muestra cambios importantes en propiedades tensiles en presencia del aditivo *oxo*; mientras que el reprocesamiento promueve una mayor tasa de formación de grupos carbonilos.

**Palabras Claves:** Polipropileno, Polietileno, Reprocesamiento, Envejecimiento térmico, Aditivos pro-oxidantes (*oxo*).

## ABSTRACT

In this work, the influence of reprocessing and accelerated thermal aging of PP and LDPE in the presence of a pro-oxidant “*oxo*” additive were studied. Films obtained from a first, fifth and tenth extruded passes were employed and the following tests were performed: tensile tests, infrared spectroscopy and melt flow index. The results indicate that in the PP with *oxo* case, its properties are not modified by reprocessing or thermal aging suggesting that it can be recycled. In the case of the reprocessing of PEBD with and without *oxo* no appreciable changes that can limit recycling were obtained. Nevertheless, when this polymer is thermally aged in the presence of the *oxo* additive, it exhibited important changes in its tensile properties and reprocessing promoted the formation of carbonyl groups.

**Keywords:** Polypropylene, Polyethylene, Reprocessing, Thermal aging, pro-oxidative additives (*oxo*).

## 1. INTRODUCCIÓN

El problema de contaminación asociado a los desechos plásticos es bien conocido, en vista de que son usualmente no manejables (no es tarea sencilla su reciclaje post-consumo) y altamente visibles (por su baja densidad y colorido). En los últimos años se han desarrollado aditivos pro-oxidantes incorporados durante el procesamiento del polímero y conocidos como aditivos “*oxo*”, con los cuales se espera disminuir el problema de los desechos plásticos, al promover la biodegradación del polímero para que pueda ser asimilado por el medio ambiente. En tal sentido, los proveedores de estos aditivos afirman que el aditivo no interrumpe la cadena de reciclabilidad del polímero, puesto que no afectará ni hará que se degrade más rápido el polímero durante su reprocesamiento (reciclaje industrial), ni en la posterior vida útil del producto [1]. Sin embargo, cabe la posibilidad de que el reciclaje industrial, así como los planes de reciclado post-consumo pueden no estar preparados para aceptar productos que contengan estos aditivos, en donde es bien conocido que exponer el plástico a temperatura y cizalla reiteradamente promueve su degradación. Es por ello que en este trabajo se evaluó el efecto de la incorporación de aditivos *oxo* en polipropileno (PP) y polietileno de baja densidad (PEBD) reprocesados, principalmente en grados destinados a la elaboración de empaques.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

Se emplearon poliolefinas comerciales grado película: un PP homopolímero con antioxidantes y un PEBD sin estos aditivos. Estos polímeros se mezclaron con un aditivo *oxo* en diferentes contenidos: PP con 0, 1 y 3% y PEBD con 0 y 3%. El mezclado se realizó por extrusión monotornillo, obteniendo tanto filamentos como películas plana, estas últimas con un espesor promedio de 70  $\mu\text{m}$ . A partir de los filamentos granulados, se reprocesaron los polímeros hasta un número de pasadas (*n*) prefijado para cada material: 10 para el PP y 5 para

el PEBD. En algunas pasadas se extruyeron nuevamente películas ( $n = 5$  en ambos polímeros y  $n = 10$  para el PP). Adicionalmente, se aplicó un envejecimiento térmico acelerado a  $60^{\circ}\text{C}$  a un grupo de probetas de tracción troqueladas de las películas extruídas en  $n = 0, 5$  y  $10$ , para ser evaluadas en función del tiempo de exposición a  $60^{\circ}\text{C}$ . Para el estudio del efecto del aditivo sólo en términos de reprocesamiento (sin envejecimiento), se buscó identificar cambios en la coloración (amarillamiento), determinar el índice de fluidez (IF), evaluar muestras por espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier (FTIR) y determinar propiedades tensiles. Mientras que para evaluar el efecto combinado del reprocesamiento y envejecimiento térmico acelerado, se emplearon análisis FTIR y ensayos tensiles.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El PP puro presentó cambios en la coloración (amarillamiento) debido al reprocesamiento, que se acentuaba en presencia del aditivo *oxo*. El amarillamiento se atribuye a la formación de dobles enlaces C-C que imparten esta coloración como consecuencia del reprocesamiento [2]. Sin embargo, la determinación de IF y la evaluación mecánica no mostraron evidencias de una variación en el peso molecular, mientras que tampoco hay evidencias de la formación de grupos carbonilos por FTIR. Ello sugiere que el aditivo *oxo* no atacó de manera apreciable la resina a pesar del reprocesamiento. Posteriormente al someter el PP reprocesado a envejecimiento térmico, tampoco se observaron cambios. Aunque se esperaría que el PP fuese sensible a la termodegradación por su estructura en comparación a un PE (tiene mayor contenido de carbonos terciarios), la estabilidad exhibida por el PP estudiado se atribuye al paquete de antioxidantes que el productor añadió a este polímero comercial [2].

En el caso del PEBD no envejecido, no hay cambios importantes en las propiedades evaluadas por reprocesamiento, independientemente de la presencia del aditivo *oxo* (más allá de la coloración amarillenta impartida por el aditivo). Pero cuando el PEBD con aditivo *oxo*, reprocesado o no, es sometido al envejecimiento térmico, hay una reducción drástica en la deformación a la ruptura ( $\epsilon_b$ ), lo cual es indicativo de cambios en el peso molecular (ver Figura 1 y Tabla 1). También se detecta la formación e incremento del contenido de grupos carbonilos con el tiempo de envejecimiento, sugiriendo que efectivamente existe un proceso degradativo en el PEBD con aditivo *oxo* (estas variaciones no se manifiestan en el PEBD puro, reprocesado y envejecido). Por otro parte, destaca que el nivel de degradación visto en términos del índice de carbonilo (ver Tabla 1) parece ser algo mayor cuando el PEBD con *oxo* ha sido reprocesado, lo cual pudiera tener algún impacto durante el tiempo de vida media del material en uso. La mayor sensibilidad a la degradación que presenta el PEBD en comparación con el PP, se atribuye primero a que el PEBD no posee un sistema estabilizante incorporado desde su síntesis, y segundo, que el PEBD puede presentar una menor cristalinidad que un PP, siendo más fácil de atacar [3].

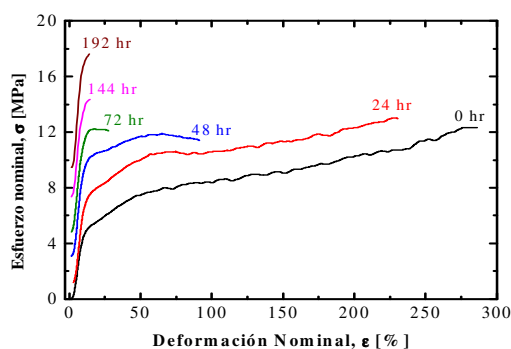


Figura 1. Curvas  $\sigma$ - $\epsilon$  del PEBD sin reprocesar con 3% *oxo* en función de tiempo de envejecimiento.

Tabla 1. Índice de carbonilo ( $ic$ ) y deformación a la ruptura ( $\epsilon_b$ ) del PEBD, reprocesado y envejecido

Tiempo (horas)	$ic$		$\epsilon_b$ (%)	
	$n=1$	$n=5$	$n=1$	$n=5$
0	0,04	0,05	280±30	280±20
24	0,05	0,04	260±20	230±30
48	0,34	0,55	80±40	60±10
72	0,77	1,04	30±10	30±10
120	0,85	1,11	14±4	16±6
144	1,11	1,27	14±3	16±3
192	1,17	1,79	14±2	12±1

### 4. REFERENCIAS

- [1]. Demoustier T. “Tecnología del plástico con vida útil controlada”, Presentación técnica d2w, Portugal, 2010.
- [2]. Pasquini N. Polypropylene handbook, 2da Ed. Munich (Alemania): Carl Hanser Verlag, 2005.
- [3]. Peacock AJ. Handbook of polyethylene. Structures, properties, and applications. New York (EE.UU.): Marcel Dekker, 2000.