

Ensayos físico-químicos para el estudio de la degradación de bolsas de supermercado

Remersaro, J. ⁽¹⁾, Medina, D. ⁽¹⁾, Hernández, M. ⁽¹⁾, Latrónica, L. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Plásticos, Laboratorio Tecnológico del Uruguay, LATU.

Contacto: llatroni@latu.org.uy

Recibido: 30/06/2010 - Aprobado: 05/10/2010

Resumen

Este trabajo describe y analiza la variación de algunas propiedades físicas y químicas que las bolsas de supermercado (polietileno) experimentan durante su degradación. Se estudian estas propiedades para las “bolsas camiseta” que contienen y para las que no contienen aditivos para acelerar su degradación. Las muestras se colocan en un equipo de simulación de radiación solar con temperatura y humedad controladas en equipo Weather-o-meter.

Durante la exposición a las diferentes condiciones ambientales se extrajeron muestras con una frecuencia de 50 horas y se realizaron ensayos de tracción, elongación, desgarro y de espectroscopía infrarroja (FTIR). Los valores indican que las bolsas que contienen aditivo oxi-biodegradable muestran pérdidas apreciables de sus propiedades físicas y químicas en la mitad del tiempo que aquellas que no contienen el aditivo.

Palabras clave: Bolsas, degradación de polietileno.

Abstract

This paper describes and analyzes the changes that grocery bags (polyethylene) have experienced in some physical and chemical properties during their degradation. The study was made for “t-shirt bags” which contain and does not contain additives to accelerate its degradation. The samples are placed in a radiation solar simulator with controlled temperature and humidity (Weather-o-meter).

During exposure samples were extracted every 50 hours and tensile, elongation, tear and infrared spectroscopy (FTIR) assays were carried out. The values indicate that the bags containing oxy-biodegradable additive show appreciable loss of their physical and chemical properties in half the time than those not containing the additive.

Keywords: Bags, degradation of polyethylene

Introducción

Hoy en día las bolsas camiseta son de uso masivo. El uso responsable es un desafío, dado que estas bolsas son difíciles de reciclar. Una solución a este problema es la utilización de aditivos bio-oxo degradables.

De acuerdo al artículo de Caroline Williams (2004): “Un millón de bolsas plásticas son consumidas por minuto en el mundo, y más de 500 billones anualmente. Los plásticos y particularmente las bolsas representan el residuo más polucionante de las ciudades y campos, perjudica la vida animal y estropea drenajes naturales y urbanos”.

La utilización de aditivos en la fabricación de materiales plásticos que posibiliten y aceleren la degradación del plástico es últimamente un punto clave en la fabricación de estos materiales, sobre todo en aquellos elementos que serán destinados a embalajes de uso doméstico. Existen ya en varios países leyes y/o proyectos de ley que obligan al uso de estos nuevos materiales que contienen aditivos para acelerar su degradación y tienden a mejorar la problemática de los residuos sólidos (Ariosti, s.d.; Grupo Parlamentario del Bloque Popular. Congreso de la República del Perú, s.d.). En este sentido, los organismos de contralor ambiental e industrias plásticas vinculadas con las bolsas de polietileno intentan establecer los requisitos mínimos de calidad que deben tener estas bolsas. Este trabajo pretende contribuir a este objetivo mediante el análisis de la variación de algunas propiedades fisicoquímicas de bolsas de polietileno declaradas como biooxodegradables y que están disponibles en el mercado como tales. De esta forma se irán estableciendo algunos de los requisitos que deberán cumplir las

bolsas de polietileno y que resultarán de un consenso entre todos los organismos y empresas involucradas.

El estudio presenta la evaluación de algunas propiedades fisicoquímicas de dos grupos de bolsas de polietileno que fueron fabricadas en las mismas condiciones, pero que se diferencian en que uno de ellos contiene aditivos que aceleran el proceso de oxidación del polietileno. Es importante mencionar que existen diferentes tipos de materiales degradables, que se diferencian entre sí por el mecanismo que involucra su degradación y por las condiciones en las que este proceso se lleva a cabo. Los grandes grupos son denominados oxo-degradables, foto-degradables, biodegradables (UNE-EN 13432:2001/AC:2005).

Un material plástico considerado degradable puede cumplir con las condiciones definidas en uno o varios de estos grupos.

Se entiende por biodegradables aquellos plásticos que por acción de microorganismos, bacterias, hongos o algas son degradados aerobio o anaeróticamente a compuestos más sencillos que los poliméricos y que en última instancia lo hacen a dióxido de carbono, agua y metano, según el caso. Existe normativa que establece los requisitos cualitativos y cuantitativos para calificar a un plástico como biodegradable y que evalúa además la toxicidad de los productos del proceso, así como el tiempo en el cual se considera que el material ha sido biodegradado (Plastivida, 2007). En este grupo están los biopolímeros obtenidos de productos renovables como el almidón, la celulosa, etcétera; y bioplásticos donde la polimerización ocurre directamente por la acción enzimática de bacterias.

Por naturaleza, los plásticos convencionales utilizados en envasado son fotodegradables y la inclusión de aditivos que aceleren este

proceso provoca prematuramente la disminución del peso molecular del polímero y en los mejores casos dejan productos susceptibles para la biodegradación. En los oxo-degradables la activación de la degradación puede ser luz, tensión mecánica o calor, pero también se recurre a la disminución del peso molecular del polímero.

En este trabajo no se evalúa la biodegradabilidad del material, sino que se estudia la degradabilidad del mismo por la pérdida de algunas de sus propiedades mecánicas y químicas, comparándolo con un material no degradable fabricado en las mismas condiciones. La evaluación de la propiedad de biodegradable puede ser objeto de próximos trabajos orientados a cumplir con objetivos más amplios.

Los métodos utilizados en este trabajo para la evaluación de la pérdida de propiedades físicas son tomados de la normativa utilizada en general para la evaluación de propiedades físicas de films plásticos, ASTM D882-09 y ASTM D1922-09. La elección de estas metodologías es en acuerdo a normas actuales para la identificación de materiales plásticos degradables, precisamente con la norma ASTM D5208-09 que define la forma de monitoreo para la degradabilidad de estos materiales luego de ser expuestos a lámparas capaces de emitir radiación ultravioleta.

Materiales y Métodos

Dos grupos diferentes de bolsas de polietileno fueron suministradas por un productor del mercado local que las obtiene por termoformado de “pellets” de polietileno. Un grupo de bolsas contiene aditivo para acelerar su degradación y el otro no. La denominación de cada grupo fue: letra **D** para las bolsas degradables y **C** para las “comunes”. Se le realizaron a ambos grupos ensayos físicos típicos para caracterización de films plásticos. El seguimiento y análisis de la degradación se efectuó disponiendo los grupos de bolsas en una cámara donde las condiciones ambientales simulan ser las propias de una exposición solar. Este procedimiento suele denominarse envejecimiento artificial.

Los ensayos físicos realizados sobre las muestras fueron tracción-elongación y desgarro Elmendorf. En ambos casos, la metodología y equipos utilizados estuvieron de acuerdo a las normas ASTM D882-09 y ASTM D1922-09. Un seguimiento en la estructura química durante el envejecimiento se realizó con espectroscopía infrarroja FTIR. Los equipos utilizados para tales ensayos fueron un dinamómetro Shimadzu AG2000-A para las tracciones de los films, un péndulo Lorentzen & Wettre para el desgarro de los mismos y los espectros infrarrojos se obtuvieron en un equipo Shimadzu FTIR-8101.

Estos ensayos se sucedieron cada 50 horas luego de comenzada la exposición de ambos grupos de bolsas a la radiación solar simulada. La radiación es lograda en un equipo Weather-o-meter marca Suga que dispone de una cámara en cuyo centro una lámpara de xenón provoca emisiones de luz de intensidad y longitud de onda similares a las solares. El rango de longitudes de onda y potencia irradiada es brindado por el fabricante y las muestras se disponen en una especie de “tambor giratorio” que rodea la lámpara (Figura 1 y Gráfico 1).

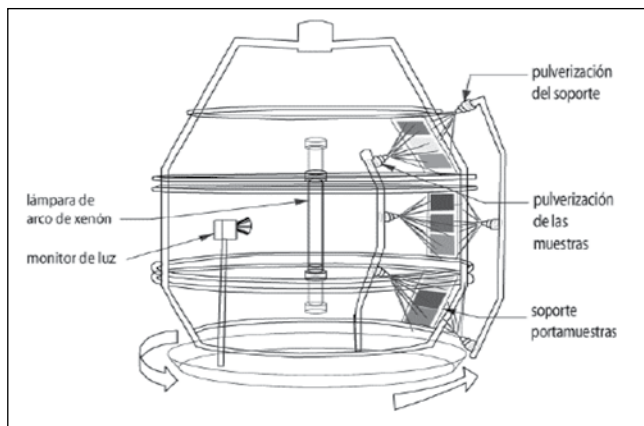


Figura 1. Equipo utilizado para irradiar la muestras.

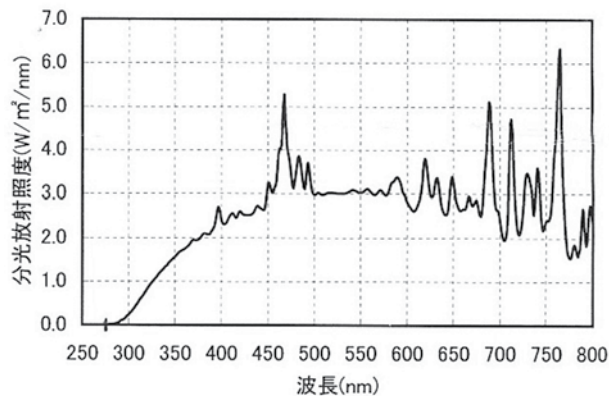


Gráfico 1. Potencia por unidad de superficie en función de la longitud de onda.

Resultados

Se presentan en las Tablas 1 y 2 los valores correspondientes a la tracción y elongación de los films de polietileno constituyentes de los dos tipos de bolsas ensayadas, C y D, obtenidos de cinco probetas cortadas de las bolsas acondicionadas a 23 °C y 50% de humedad. Estos valores fueron tomados como punto cero del envejecimiento. Se registraron valores de tensión máxima y elongación a la rotura en el sentido de fabricación de la bolsa, dirección de máquina y sentido perpendicular a éste. Los valores aparecen en las Tablas 1 y 2 como sentido transversal y longitudinal.

Bolsas C				
Espesor medio (mm) 0.023				
Probeta	Tracción longitudinal		Tracción transversal	
	Máximo (Kgf/mm ²)	Elongación (%)	Máximo (Kgf/mm ²)	Elongación (%)
1	3,23	348	2,49	437
2	3,7	360	2,33	398
3	4,19	335	2,62	464
4	4,12	398	2,61	460
5	3,84	327	2,44	469
Promedios	3,816	353,6	2,498	445,6

Tabla 1. Valores de resistencia a la tracción, máximo y elongación a la rotura para bolsas tipo C.

Bolsas D				
Espesor medio (mm) 0.023				
Probeta	Tracción longitudinal		Tracción transversal	
	Máximo (Kgf/mm ²)	Elongación (%)	Máximo (Kgf/mm ²)	Elongación (%)
1	2,51	322	1,9	428
2	2,82	335	1,45	423
3	2,64	280	1,56	430
4	2,52	258	1,54	347
5	2,58	303	1,5	449
Promedios	2,614	299,6	1,59	415,4

Tabla 2. Valores de resistencia a la tracción, máximo y elongación a la rotura para bolsas tipo D.

De acuerdo a los valores obtenidos para las propiedades mecánicas medidas, son mayores los presentados por las bolsas no degradables o comunes, C, que para las bolsas degradables, D.

En la forma descrita anteriormente fueron determinados los valores para las mismas propiedades con una frecuencia de 50 horas

de envejecimiento hasta llegar a las 200 horas. En la Tabla 3 se expresan estos valores promedio, asignando el número 1 a los obtenidos a las primeras 50 horas, y 2, 3 y 4 para el resto de los puntos de evaluación.

Punto	Horas	Bolsas C				Bolsas D			
		Sentido longitudinal		Sentido transversal		Sentido longitudinal		Sentido transversal	
		Máxima tensión (Kgf/mm ²)	Elongación (%)	Máxima tensión (Kgf/mm ²)	Elongación (%)	Máxima tensión (Kgf/mm ²)	Elongación (%)	Máxima tensión (Kgf/mm ²)	Elongación (%)
0	0	3,8	354	2,5	446	2,6	354	2,5	446
1	50	2,9	289	1,8	364	2,5	157	1,9	412
2	100	2,5	223	2,2	424	1,7	5	1,3	5
3	150	2,6	226	2,1	441	1,1	3	1,2	4
4	200	2,6	127	1,6	236	0,3	2	0,8	2

Tabla 3. Valores de tracción y elongación máxima para ambos grupos de bolsas cada 50 horas de envejecimiento.

En ambos tipos de bolsas, los máximos presentados inicialmente de tracción y elongación se reducen al ser expuestas a la radiación solar simulada. Las bolsas designadas como degradables lo hacen con mayor velocidad, y a 100 horas de exposición podría afirmarse que han perdido la capacidad de elongación. Los Gráficos 2 y 3 muestran estas disminuciones para el sentido longitudinal de la bolsa, sentido que puede asociarse directamente con la carga que ésta soportaría.

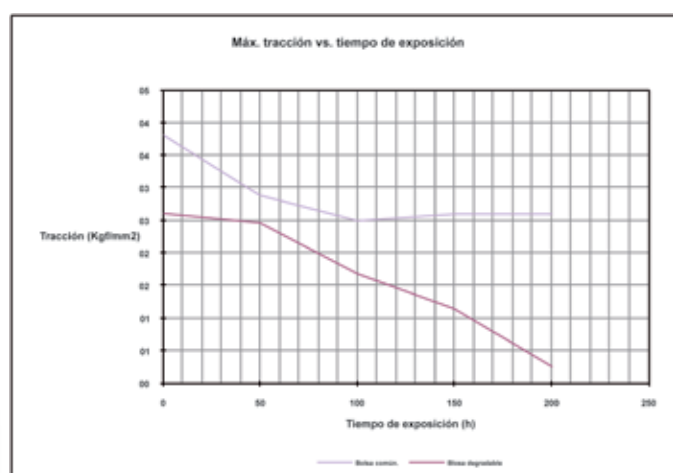


Gráfico 2. Tracción máxima en función de las horas de exposición de las bolsas.

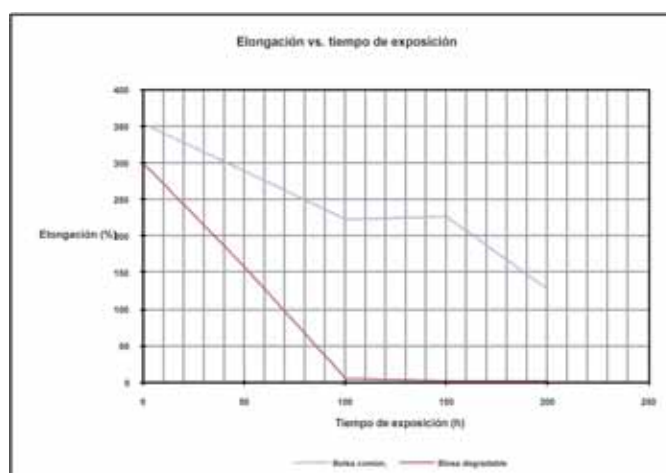


Gráfico 3. Elongación máxima en función de las horas de exposición de las bolsas.

Conjuntamente con la evaluación de las propiedades físicas, se realizaron espectros FTIR cada 50 horas de exposición, con el fin de identificar picos característicos de los productos de oxidación del polietileno. Estos productos son identificados en los espectros infrarrojos por picos que aparecen en valores de número de onda en el entorno de 1750 cm^{-1} . Los espectros obtenidos para los diferentes puntos del análisis del envejecimiento muestran la formación de productos de oxidación a las 100 horas de exposición. Esto es coincidente con la apreciable pérdida de las propiedades mecánicas al alcanzar estas horas de envejecimiento.

A continuación se presentan los espectros obtenidos para las bolsas antes del envejecimiento y a las 100 horas de comenzado. Es esperable la coincidencia en los espectros para ambos grupos de bolsas que no fueron radiadas; éstos son asignables en ambos casos a espectros de polietileno, debido a la presencia de sus bandas características. Se observa la ausencia de la banda característica del grupo carbonilo en el espectro correspondiente a las 100 horas de las bolsas comunes y la aparición del mismo en las degradables, entre 1740 cm^{-1} y 1750 cm^{-1} .

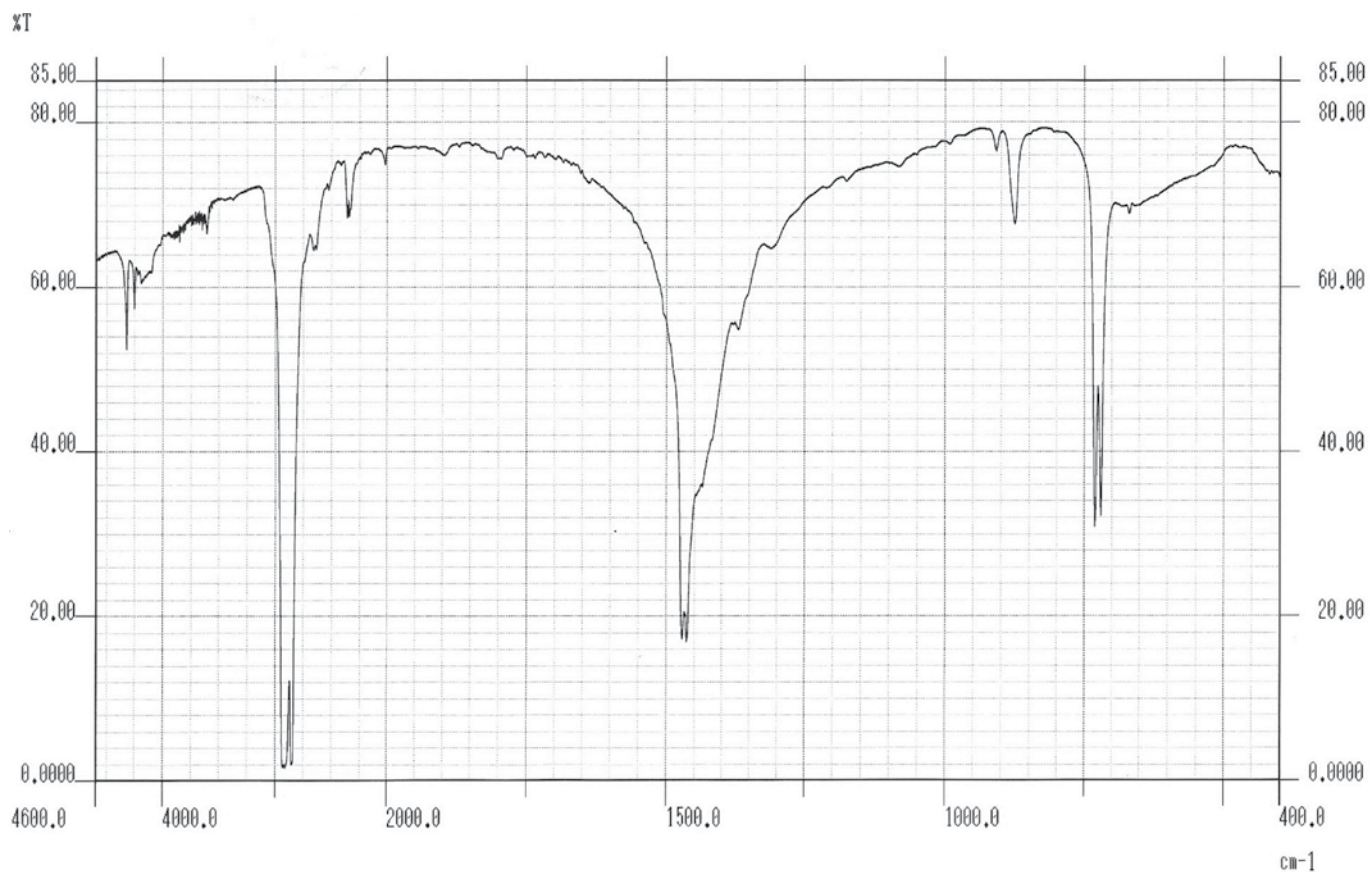


Figura 2. Espectro FTIR de las bolsas de polietileno comunes C.

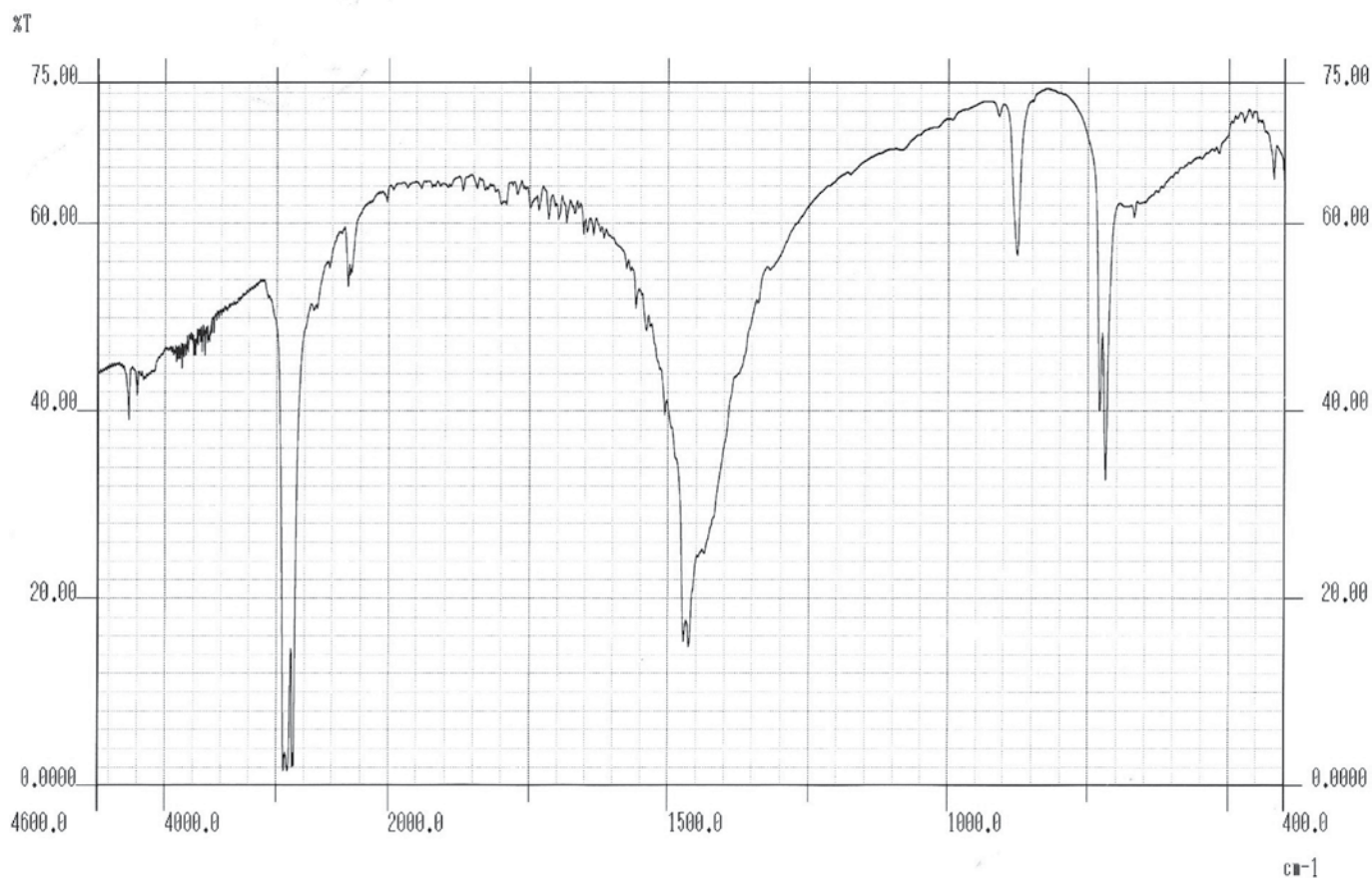


Figura 3. Espectro FTIR de las bolsas de polietileno comunes D.

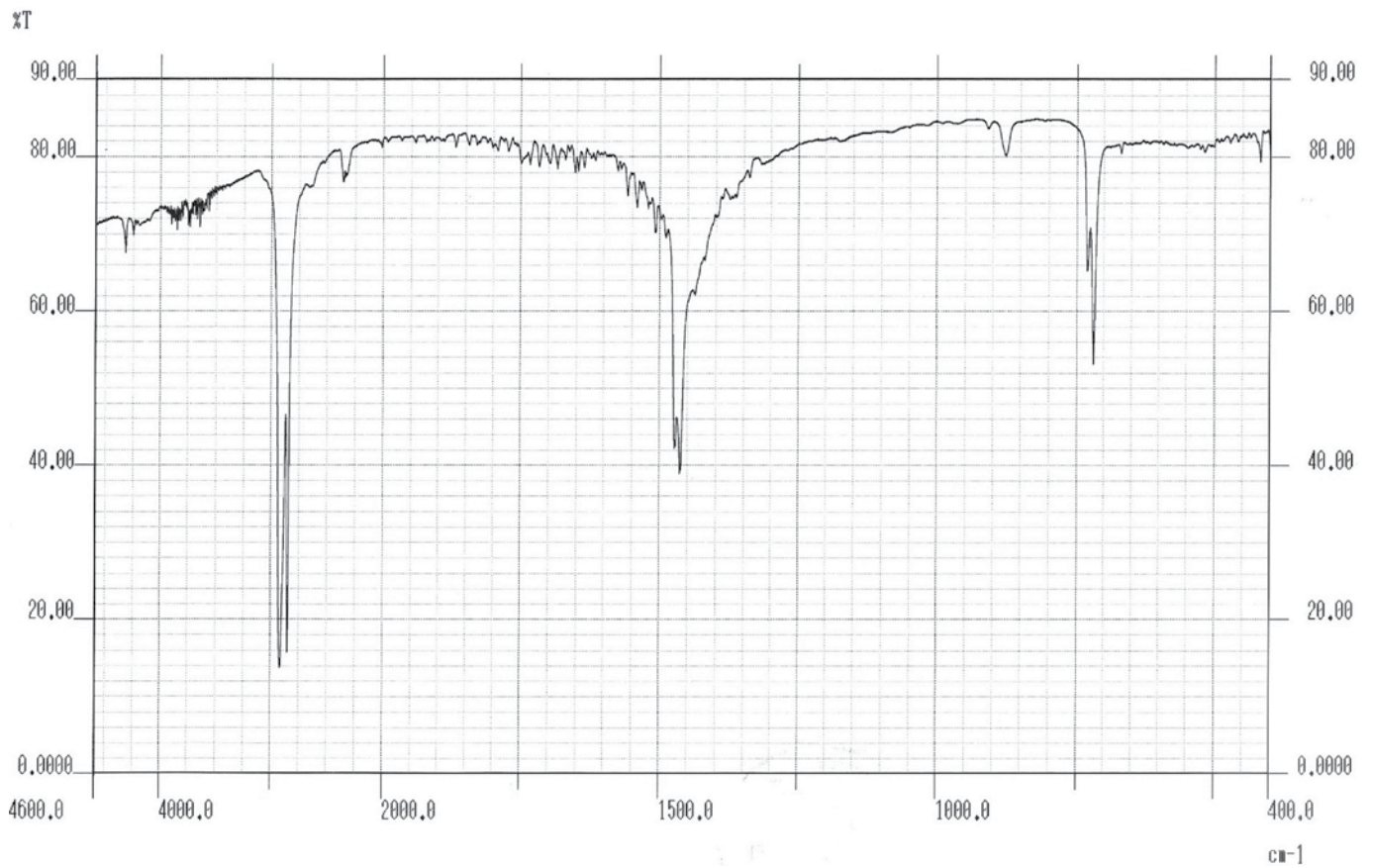


Figura 4. Espectro FTIR de las bolsas de polietileno comunes C con 100 horas de envejecimiento.

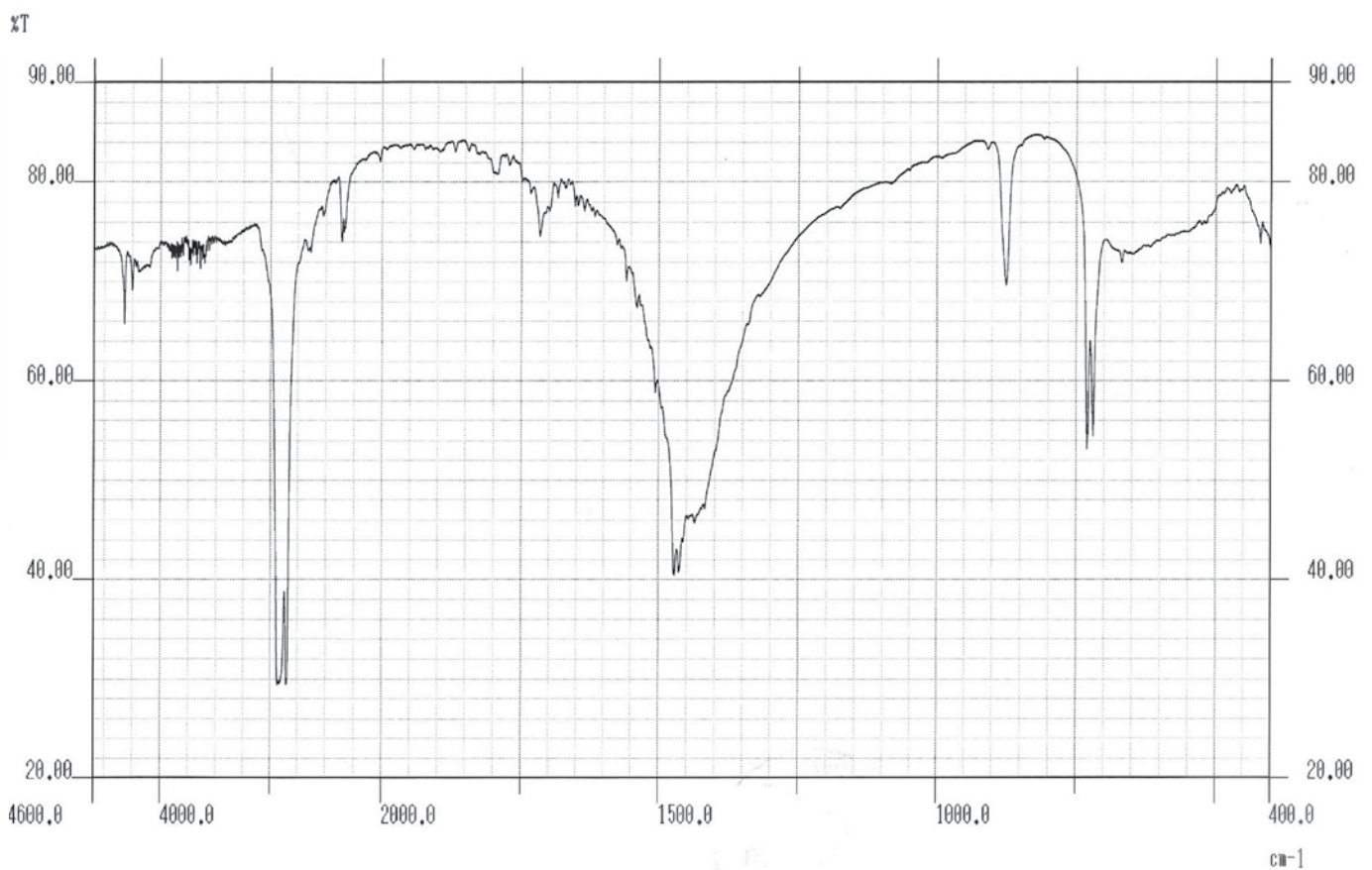


Figura 5. Espectro FTIR de las bolsas de polietileno comunes D con 100 horas de envejecimiento.

Los resultados obtenidos para el desgarro Elmendorf no mostraron una gran variación a las 100 horas de envejecimiento como sí lo hicieron los ensayos desarrollados anteriormente. La Tabla 4 muestra estos resultados. Si bien existe una mayor disminución en los valores obtenidos para las bolsas degradables, no se obtienen grandes diferencias con respecto a los valores correspondientes a los films sin envejecimiento.

Punto	Horas	Bolsas C		Bolsas D	
		Sentido longitudinal	Sentido transversal	Sentido longitudinal	Sentido transversal
		Fuerza (N)	Fuerza (N)	Fuerza (N)	Fuerza (N)
0	0	0,132	1,392	0,172	1,712
1	50	0,124	1,190	0,152	1,316
2	100	0,127	1,288	0,152	1,184

Tabla 4. Valores correspondientes al desgarro Elmendorf para ambos grupos de bolsas ensayadas.

Conclusiones

Los resultados de los ensayos muestran que el proceso de degradabilidad avanzó a mayor velocidad en las bolsas del grupo **D** que perdieron las propiedades mecánicas a las 100 horas del envejecimiento. En el grupo que no contiene aditivos para acelerar este proceso se encontraron indicios fisicoquímicos del envejecimiento posteriores a las 100 horas. Los ensayos realizados sirven para diferenciar bolsas degradables de aquellas no degradables que fueron fabricadas y envejecidas en las mismas condiciones.

Referencias

- ARIOSTI, Alejandro; GIMENEZ, Ricardo. *Posición INTI sobre bolsas de plástico* [En línea]. s.l.: s.n., s.d. [Consulta: 01 de setiembre de 2010]. Disponible en: <http://blog.ccoo.es/gallery/17/posicion-inti-sobre-bolsas-de-plastico.pdf>
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (España). UNE-EN 13432: *Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje*. Madrid: AENOR, 2001.
- ASTM INTERNATIONAL (United States). D882: *Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting*. Conshohocken: ASTM, 2009.
- ASTM INTERNATIONAL (United States). D1922: *Standard test method for propagation tear resistance of plastic film and thin sheeting by pendulum method*. Conshohocken: ASTM, 2009.
- ASTM INTERNATIONAL (United States). D5208: *Standard practice for fluorescent ultraviolet (UV) exposure of photodegradable plastics*. Conshohocken: ASTM, 2009.
- GRUPO PARLAMENTARIO DEL BLOQUE POPULAR. CONGRESO DE LA REPÚBLICA DEL PERÚ. *Proyecto de Ley que prohíbe envases no biodegradables* [En línea]. s.l.: s.n., s.d. [Consulta: 01 de setiembre de 2010]. Disponible en: <http://www.copecoh.com/UserFiles/File/03828%20-%20Proyecto%20Ley%20Prohibe%20Envases%20No%20Biodegradables.pdf>
- PLASTIVIDA. *Degradación de los materiales plásticos*. [En línea]. Buenos Aires: Centro de información Técnica, 2007. (Boletín Técnico Informativo N° 21). [Consulta abril 2009]. Disponible en: <http://www.plastivida.com.ar/pdf/21.pdf>
- WILLIAMS, Caroline. Battle of the bag. En: *New Scientist*. 2004, (2464).