

# DESEMPEÑO DE PELÍCULAS PLÁSTICAS PARA INVERNADERO. ESTUDIO COMPARATIVO DE MUESTRAS SOMETIDAS A ENVEJECIMIENTO NATURAL Y ACELERADO

Inocenti, M.C.<sup>1,\*</sup>; Escalante, G.<sup>1</sup>; Carbonell, A.<sup>1</sup>; Rosic, N.<sup>1</sup>; Quartino, R.<sup>1</sup>; Lenscak, M.<sup>2</sup>; Iglesias, N.<sup>3</sup>; Gabriel, E. L.<sup>4</sup>; Mora, J.<sup>5</sup>; Czepulis, J.<sup>6</sup>;

1 INTI-Plásticos 2 INTA EEA Bella Vista, Corrientes. 3 INTA EEA Alto Valle, Río Negro. 4 INTA EEA La Consulta, Mendoza. 5 INTA EEA Santa Cruz- Río Gallegos, Santa Cruz. 6 INTA EE de Cultivos tropicales Yuto, Jujuy.  
e-mail: cristina@inti.gov.ar

## OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el desempeño de películas plásticas nacionales, utilizadas para cubiertas de invernaderos, y compararlas frente a exposición natural en siete provincias de Argentina con diferentes condiciones climáticas y a exposición artificial en cámaras UV de laboratorio.

Las cubiertas plásticas a base de polietileno para invernaderos se utilizan masivamente debido a sus buenas características: son versátiles, duraderas y resistentes, de bajo costo, livianas, con buenas propiedades mecánicas y tienen facilidad de incorporación de aditivos, con el propósito de mejorar sus propiedades tales como resistencia a la radiación ultravioleta (UV), efecto térmico, difusión de la luz, etc. La elección por parte del agricultor de una película adecuada a la zona es imprescindible, sin embargo uno de los problemas principales es poder conocer la durabilidad de las mismas. La exposición a la intemperie de los materiales produce la degradación del mismo por exposición prolongada en el medio ambiente (radiación solar, calor, ozono, polución atmosférica, agua, tensión mecánica, contaminantes químicos). La acción de la radiación ultravioleta (UV) del sol es el tipo de degradación más importante en los materiales plásticos. Se considera que un material plástico está envejecido y por lo tanto finaliza su vida útil, cuando retiene menos del 50 % de sus propiedades mecánicas originales.

El empleo de equipos de envejecimiento acelerado para predecir el tiempo de vida útil de las películas para invernaderos y su correlación con la exposición natural del material ha sido materia de numerosos estudios<sup>(1-4)</sup>.

Parámetros tales como estructura del invernadero, tipo de cultivo, agroquímicos empleados y frecuencia de aplicación de los mismos, también tendrán influencia en la vida útil de las películas, pero no han sido motivo de estudio en el presente trabajo.

## DESCRIPCIÓN

Se utilizaron dos películas PE LDT (base polietileno, térmicas, de larga duración), de coextrusión tricapa, de espesores entre 100  $\mu\text{m}$  (espesor más utilizado en los invernaderos nacionales) y 150  $\mu\text{m}$ , de dos empresas nacionales, provistas por comercios locales y de durabilidad estimada 2-3 campañas, denominadas PE 100 y PE 150 en lo sucesivo.

Los resultados presentados corresponden al estudio de las películas originales y las sometidas a diferentes tiempos de exposición natural entre 3 y 36 meses y a distintos tiempos de exposición artificial en cámaras QUV (entre 500 y 2500 hs).

**Exposición natural (EN):** se colocaron las películas en siete regiones del país Buenos Aires, Corrientes (BV), Jujuy (JU), Río Negro (AV), Santa Cruz (RG), Córdoba y Mendoza (MZ), sobre bastidores de aluminio con marcos de madera (Fig 1), con una inclinación de 45° y orientados hacia el Norte (norma ASTM D1435), extrayéndose muestras a diferentes meses de exposición: 3, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 33 y 36 meses. Período exposición: agosto 2008 –agosto 2011.



Fig 1: Bastidores para Exposición Natural

**Exposición acelerada (EA):** según normas ASTM D4329 y ASTM G154, en equipo QUV Panel (Fig.2), fuente de radiación de tubos fluorescentes del tipo UVB 313, con un pico máximo de radiaciones ultravioletas en los 330 nm, a humedad saturada. Las muestras se colocaron en bastidores metálicos y se expusieron a ciclos de radiación y de condensación extrayéndolas para su estudio, a 500, 1000, 1500, 2000 y 2500 hs.



Fig 2: Cámaras UV para envejecimiento acelerado

**Caracterización química, termicidad e índice de carbonilo (IC):** se realizó utilizando espectrofotometría Infrarroja en equipo FTIR Nicolet y permitió verificar la composición de las películas, la termicidad de las mismas y la evolución del índice de carbonilo. La termicidad (retención del calor) de una película indica el porcentaje de radiación infrarroja (calorífica) que se retiene en el interior del invernadero. Se determinó midiendo por FTIR el espectro de transmisión de radiación IR entre 1430 y 770  $\text{cm}^{-1}$  (rango de campo de emisión máxima de la energía irradiada por la superficie de la tierra), según norma EN 13206 (2001). El índice de carbonilo se determina por FTIR, para evaluar el avance en la oxidación de las muestras con la exposición.

**Caracterización térmica:** se evaluaron las características de fusión de las películas (ASTM D3418) y las temperaturas de inicio de oxidación de las mismas (OOT-ASTM E2009) en equipo de calorimetría diferencial de barrido Mettler DSC 822.

**Densidad de las películas:** se realizó según norma ASTM 1505.

**Índice de Fluencia (MFI):** Se realizó según norma ASTM D1238, cond; 190 °C, 2,16 kg. y 10 kg en equipo MFI Atlas.

**Propiedades mecánicas:** Se determinó la resistencia mecánica, módulo elástico y elongación a rotura en ensayos de tracción, desgarre y punzonado, según normas ASTM D638, ASTM D1004 y ASTM F1306 respectivamente, con un equipo universal de ensayos marca INSTRON.

**Caracterización óptica:** Transmitancia total de la luz visible y de Turbidez (haze) de las películas, según norma ASTM D1003.

## **RESULTADOS**

Muestras originales sin exposición:

**PE 100** (109  $\mu\text{m}$ ), dens=0,960 g/cm<sup>3</sup>, Tricapa: capas externas: polietileno, capa interna: etilén vinil acetato (EVA), termicidad: 78,2 %, OOT: 240 °C. Temperaturas de fusión: 96 °C, 111°C, 120 °C IC=0,09 Transmit=91% Haze 6%

**PE 150** (158  $\mu\text{m}$ ), dens= 0,945 g/cm<sup>3</sup>, Tricapa: capas externas: polietileno, capa interna: etilén vinil acetato (EVA), termicidad: 78,9 %, OOT: 225 °C. Temperaturas de fusión: 89 °C, 112°C, 120 °C. IC =0,11 Transmit=92% haze 6%

Por comparación de las películas originales y las expuestas, no se observaron cambios significativos en cuanto a las curvas de fusión de DSC, resultados de densidad y de caracterización óptica.

### **Resultados de EA y de 36 meses de EN**

**Haze-transmitancia:** Los valores de transmitancia total sólo han descendido como máximo 15 % con respecto a los valores originales Los valores de haze han oscilado entre 2 y 9 %, (las normas consideran que un material difunde cuando H > 30 %)

**OOT:** El aumento observado indicaría una mayor resistencia térmica debido a reacciones de entrecruzamiento ocurridas por la degradación (ramificaciones, entrecruzamiento) La película PE 150 presentó esta tendencia de aumento a lo largo de los 3 años de EN.

La película PE 100 presentó en promedio esta tendencia hasta aproximadamente 18 meses de EN. En EA presentaron diferente comportamiento, PE150 apenas disminuyó mientras que PE100 descendió 35 °C.

**MFI:** la disminución de este valor indica que el PE sufrió reacciones de ramificación y entrecruzamiento (mayor viscosidad, mayor peso molecular) por degradación. OOT y MFI: El aumento de OOT coincidente con disminución de MFI a mayor EN, es atribuible a cambios estructurales químicos en el polietileno.

**Termicidad:** se ha mantenido en valores altos para ambas películas (76-81%) tanto en EA como en EN.

**Índice de carbonilo:** En EN ambas películas mantuvieron IC estable en MZ y AV. En el resto aumentaron hasta duplicar su valor de IC original, sin llegar al IC límite aceptable de 0,25. En EA la película PE150 presentó mayor aumento de IC, pasando el límite de 0,25 al superar las 2000 hs de exposición.

EN-Desgarre.: tanto para PE100 y PE150 se observa un % de retenido mayor al 80 %.

EN-Punzonado: PE100 presentó valores mayores a 80 % retenido y PE150 mayores valores que PE100.

EN-Elongación a la rotura: la película PE 150 en EN presentó en promedio valores mayores al original (retenido > 100 %)

### **Resumen PE 100**

Se alcanzó 50 % retenido de Elongación a la rotura en ambos sentidos, finalizando el EN (33-36 meses) en cuatro zonas: BV, MZ, RG y AV y aproximadamente a 2000 hs de EA.

Correlación EN-EA para Elongación a la rotura en estas regiones: 50 % retenido: 1 día EN ~ 2 horas EA.

### **Resumen PE 150**

En EN, en las propiedades mecánicas evaluadas no se observó que alcancen el 50 % de retenido, manteniendo siempre valores altos. En EA ocurrió lo mismo salvo sólo para elongación a la rotura en sentido transversal, que alcanzó 50 % de retenido cerca de 2000 hs de exposición en QUV.

## **CONCLUSIONES**

La caracterización química, térmica, físico-mecánica y óptica de dos películas comerciales para cubierta de invernadero permitió monitorear la evolución de sus propiedades a lo largo de tres años de exposición a intemperie en siete zonas diferentes del país y a envejecimiento acelerado en cámaras UV de laboratorio.

Considerando durabilidad estimada 2-3 campañas, en general se ha observado un buen desempeño mecánico, térmico y óptico de ambas películas estudiadas sometidas a diferentes condiciones climáticas durante el período de tres años de exposición. En el caso específico de elongación a la rotura, comparando ambas películas, se observó mejor % de retenido de dicha propiedad hacia el final de los 36 meses para la película de PE150.

Se plantea para futuros estudios ampliar los materiales a estudiar: diferentes tipos y cc. de aditivos y considerar otros importantes factores de degradación de los plásticos para invernaderos (agroquímicos, estructura del invernadero, cultivos, etc).

## **REFERENCIAS**

- 1 Orden S., Goldberg M., Quartino R., Mascarini L., Landini A., Malleville H. y Bottini L., "Estudio comparativo entre ensayos de exposición natural y envejecimiento acelerado de films de polietilenos para invernaderos", *Agric. Técn.*, vol. 60, N°3, (2000).
- 2 La Menza, L., "Influencia de los factores climáticos en la duración de los materiales plásticos usados en la intemperie", INTI-CITIP, Argentina (1987).
- 3 Daponte, T. "Cumulative factors affecting lifetime of agricultural films" CIPA, Proceedings, Internacional Congreso for Plastics in Agriculture, Tel Aviv, Israel, 119 (1997).
- 4 Ramírez E., Martínez J.G., Sanchez S. Y Balderas C. "Prediction of useful life of greenhouse films with artificial ageing equipment", *Plasticulture*, N°105 5-12 (1995).