

NANOCOMPUESTOS POLIMERICOS BIODEGRADABLES COMO ALTERNATIVA EN LA INDUSTRIA PLASTICA

J.P Correa ^(i, ii), P. Eisenberg ^(ii, iii)

(i) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

(ii) Instituto de Investigación en Ingeniería Ambiental (3iA), Universidad Nacional de General San Martín (UNSAM).

(iii) INTI-Plásticos

patsy@inti.gov.ar

Introducción

El uso de polímeros biodegradables de origen renovable como el Ácido Poliláctico (PLA) resulta promisorio como alternativa para reducir el impacto ambiental generado por los plásticos no biodegradables, contribuyendo así al desarrollo sustentable. Sin embargo, algunas características del PLA como su fragilidad, baja resistencia en fundido y angosta ventana de procesamiento limitan el rango de aplicaciones de este material (Jamshidian y col., 2010). Una estrategia utilizada para superar estos inconvenientes es el desarrollo de mezclas de PLA con otros polímeros biodegradables flexibles y de mayor estabilidad térmica como el Polibutileno adipato -co-tereftalato (PBAT) (Jiang y col., 2006). Por otro lado, la incorporación de arcillas orgánicamente modificadas (OMMT) a estas matrices poliméricas resulta en la formación de nanocompuestos biodegradables, los cuales poseen mejores propiedades, por ejemplo, mecánicas, térmicas y de barrera (Shahlyar y col., 2012).

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue desarrollar nanocompuestos poliméricos por mezclado en fundido, usando PLA, PBAT y diferentes arcillas, evaluando el efecto del tipo de arcilla en las propiedades de los materiales obtenidos. Igualmente, se pretende lograr un aporte sustentable al desarrollo de productos biodegradables a partir de estos nanocompuestos con posibles aplicaciones en la industria plástica.

Descripción

Los materiales utilizados fueron en este trabajo PLA "Ingeo™ 3251D" (NatureWorks, Estados Unidos), PBAT "Ecoflex® F Blend "A1200" (BASF, Estados Unidos) y Arcillas Montmorillonitas Cloisite® natural (CNa) y una arcilla Cloisite® modificada con una sal de

amonio cuaternaria (C30B) (Southern Clay Products Inc, Estados Unidos). Las mezclas se realizaron en una proporción PLA 80/PBAT 20 y 5% (%p/p) de las diferentes arcillas en mezclador discontinuo BRABENDER (capacidad de cámara 30 cm³). Las mezclas se realizaron a 180°C, con una velocidad de 60 rpm durante 8 minutos. A partir de estas mezclas se prepararon películas mediante por moldeo por termocompresión a 190°C utilizando un tiempo de compresión total de 8 minutos y 60 bar de presión. Estas películas se caracterizaron mediante difracción de rayos x (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía electrónica de transmisión (TEM), ensayo de tracción, calorimetría diferencial de barrido (SEM), permeabilidad al vapor de agua (WVP). Los datos experimentales de los ensayos de tracción y permeabilidad al vapor de agua de las diferentes formulaciones estudiadas fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y se aplicó el test de Tukey con un nivel de significancia del 95%.

Resultados

La Figura 1 muestra los diagramas de difracción de rayos X realizados a las arcillas y a las mezclas PLA/PBAT 80/20/CNa y 80/20/C30B. En estos diagramas se puede observar un corrimiento del pico de difracción de las arcillas hacia ángulos $2\theta \sim 2^\circ$ en los nanocompuestos.

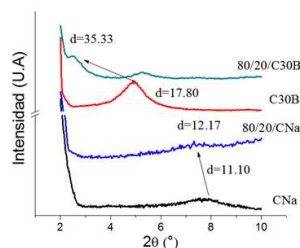


Figura 1. Diagramas de difracción de rayos X de las arcillas comerciales Cloisite® CNa, C30B y sus nanocompuestos 80/20/CNa y 80/20/C30B.

Las micrografías SEM de la mezcla PLA/PBAT 80/20 y sus nanocompuestos se presentan en la figura 2. Estas micrografías muestran una morfología de fase dispersa en la cual las

partículas de PBAT se encuentran dispersas en la matriz de PLA.

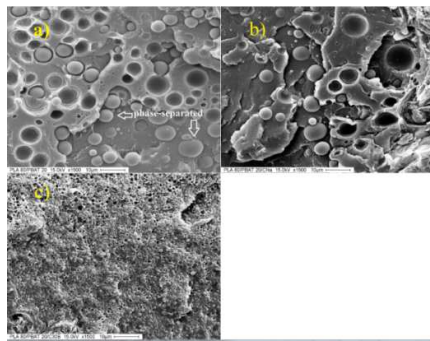


Figura 2. Micrografía SEM de la superficie de fractura de la mezcla 80/20 y sus nanocompuestos

En la Figura 3 se presentan dos micrografías del compuesto 80/20/C30B obtenidas por TEM. En estas micrografías se pueden visualizar zonas claras las cuales corresponden a la matriz PLA y zonas circulares oscuras las cuales corresponden a la fase dispersa PBAT. Las láminas de arcilla se visualizan dispersas en la interfase y en la fase PLA.

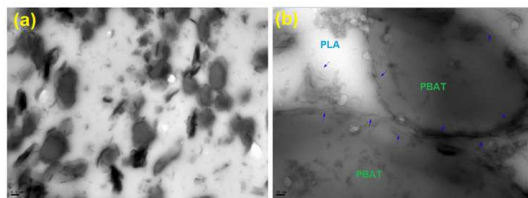


Figura 3. Micrografías TEM de la mezcla PLA/PBAT 80/20/C30B a 10000x (a) y 100.000x (b). Las barras indican 500 y 50 nm respectivamente.

Los resultados del ensayo de tracción de los materiales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados del ensayo de tracción

	Modulo Tensil (MPa)	Esfuerzo Maximo (MPa)	Deformación (%)
PBAT	75 (2) ^a	9,5 (0,6) ^a	250,4 (25,9) ^a
PLA	1611(147) ^b	46,5 (7,0) ^b	4,1 (0,5) ^b
80/20	1352 (65) ^c	34,2 (1,0) ^c	4,1 (0,6) ^b
80/20/CNa	1373 (61) ^c	28,5 (0,8) ^d	3,0 (0,1) ^c
80/20/C30B	1598 (51) ^b	29,2 (0,9) ^d	2,3 (0,1) ^d

Promedio (desv estandar)

a-d letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p<0.05).

Los valores de los eventos térmicos del ensayo de DSC y los resultados del ensayo de permeabilidad al vapor de agua se encuentran resumidos en la Tabla 2.

Tabla 2: Propiedades térmicas correspondientes al segundo calentamiento y permeabilidad al vapor de agua de PLA, PBAT, la mezcla 80/20 y sus nanocompuestos.

	Tg °C	Tcc °C	Tm °C	OOT °C	WVP medio (*)
PBAT	-	-	121	234	3,12 (0,03) ^a
PLA	60	100	169	190	1,84 (0,01) ^b
80/20	59	98	168	211	1,81 (0,01) ^b
80/20/CNa	59	100	168	220	2,22 (0,09) ^c
80/20/C30B	56	95	166	236	1,46 (0,08) ^d

*(x10⁻¹¹g*s⁻¹*m⁻¹*Pa⁻¹)

a-d letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p<0.05).

Con el agregado de la arcilla C30B aumentaron los valores de modulo tensil y estabilidad térmica en atmosfera oxidante, mientras que los valores de permeabilidad al vapor de agua disminuyeron.

Finalmente se evaluó la posibilidad de obtener productos a partir de mezclas y los nanocompuestos poliméricos desarrollados. Para lograr este objetivo se realizo un termoformado al vacío de las obtenidas los resultados se observan en la Figura 4. Se observa que la adición de PBAT y arcillas evitó el rasgado de las piezas durante el termoformado, y permitió la obtención de productos con propiedades mejoradas los cuales podrían ser una alternativa biodegradable en la industria del plástico.



Figura 4. Productos termoformados a partir de las películas obtenidas

Conclusiones

Se desarrollaron nanocompuestos poliméricos por mezclado en fundido de PLA, PBAT y dos tipos de arcillas (natural y orgánicamente modificada). Las caracteriaciones realizadas mostraron que entre las dos arcillas usadas (CNa y C30B), la C30B tiene una mayor afinidad con una mezcla PLA/PBAT.

A partir de los nanocompuestos obtenidos fue posible obtener productos termoformados con propiedades mejoradas los cuales podrían ser alternativas biodegradables sustentables en la industria del plástico.

Bibliografía

- Jamshidian, M., Tehrani, E. A., Imran, M., Jacquot, M., & Desobry, S. (2010). Poly-Lactic Acid: Production, Applications, Nanocomposites, and Release Studies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(5), 552–571.
- Jiang, L., Wolcott, M. P., & Zhang, J. (2006). Study of biodegradable polylactide/poly(butylene adipate-co-terephthalate) blends. *Biomacromolecules*, 7(1), 199–207.
- Shahlari, M., & Lee, S. (2012). Mechanical and morphological properties of poly(butylene adipate-co-terephthalate) and poly(lactic acid) blended with organically modified silicate layers. *Polymer Engineering & Science*, 52(7), 1420–1428.