

XII Coloquio Venezolano de Polímeros, Universidad de Oriente, Cumana 2007

## EVALUACIÓN DE MEZCLAS BASADAS EN EL POLÍMERO BIODEGRADABLE POLIHIDROXIBUTIRATO Y POLIETILENO FUNCIONALIZADO CON ACRILAMIDA Y DIETILMALEATO

Williams Figuera<sup>1</sup>, Blanca Rojas de Gáscue<sup>1\*</sup>, José Luís Prin<sup>1</sup>, Verónica Castillo<sup>2</sup>,  
Alejandro J. Müller<sup>2</sup>

1) Universidad de Oriente, Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas, IIBCA-UDO, Cerro del Medio, Núcleo de Sucre, Cumaná, Estado Sucre. Venezuela. Correo electrónico: blanca\_gascue@yahoo.com

2) Grupo de Polímeros USB, Departamento de Ciencia de los Materiales, Universidad Simón Bolívar, Apdo. Postal. 89000. Venezuela

### 1. INTRODUCCIÓN

Los plásticos constituyen una parte considerable de los desechos sólidos contaminantes en el planeta. Es por ello, que se han desarrollado plásticos biodegradables como el poli(3-hidroxibutirato) (PHB), que se descompone biológicamente por la acción de microorganismos y acaba volviendo a la tierra en forma de productos simples ( $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ ) [1]. Pero el alto costo de producción de este poliéster así como su carácter quebradizo y baja resistencia a la degradación térmica, han limitado su comercialización y campo de aplicaciones.

Es por ello, que el objetivo de este trabajo fue el estudio de mezclas de PHB con polímeros petroquímicos como el polietileno, el cual fue modificado químicamente con acrilamida (AA) y dietilmaleato (DEM) funcionalizándolo para favorecer la compatibilidad de las mezclas [2-10].

### 2. PARTE EXPERIMENTAL

**2.1. Materiales.** Las mezclas se realizaron a partir del biopolímero PHB producido por la central azucarera brasileña *COPERSUCAR*. La bacteria capaz de sintetizar este PHB en las condiciones impuestas fue *Alcaligenes sp*, la cual se cultivó aeróbicamente en un medio balanceado, consistente en melaza (sirope) de azúcar y nutrientes inorgánicos [1].

El otro componente de las mezclas fue un polietileno lineal de baja densidad comercial, PELBD ( $M_w = 135.000 \text{ g.mol}^{-1}$ , comonomero = 3,02% mol de 1-buteno).

XII Coloquio Venezolano de Polímeros, Universidad de Oriente, Cumana 2007

**2.2. Preparación y caracterización de las mezclas.** Se prepararon mezclas de PELBD/PHB, en diferentes proporciones, en presencia de polietileno de ultra baja densidad funcionalizado con acrilamida (PEUBD-f-AA) y con dietilmaleato (PEUBD-f-DEM).

Los componentes de la mezcla se calentaron en *o*-diclorobenceno a 160°C bajo atmósfera inerte, durante 2 horas. El producto se precipitó en metanol frío y luego se filtró. Posteriormente se le realizó una extracción *Soxhlet* por 5 horas y un secado al vacío de 16 horas a 60°C.

Las mezclas fueron analizadas a través de las técnicas de espectroscopia infrarroja con Transformada de *Fourier* (FTIR) y calorimetría diferencial de barrido (DSC).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los espectros de FTIR de los polietilenos funcionalizados, se determinó el grado de funcionalización (GF) utilizando una curva de calibrado [2].

Los resultados arrojaron un GF de 1,56% mol para el PEUBD-f-DEM y de 5,06% mol para el PEUBD-f-AA. El alto GF para el PEUBD-f-AA, se debe a que la recta pierde su carácter lineal a valores elevados de la relación  $A_{740}/A_{720}$ , producto de la formación de oligómeros (véase la Figura 1), los cuales podrían estarse injertando también en las cadenas del PEUBD [2].

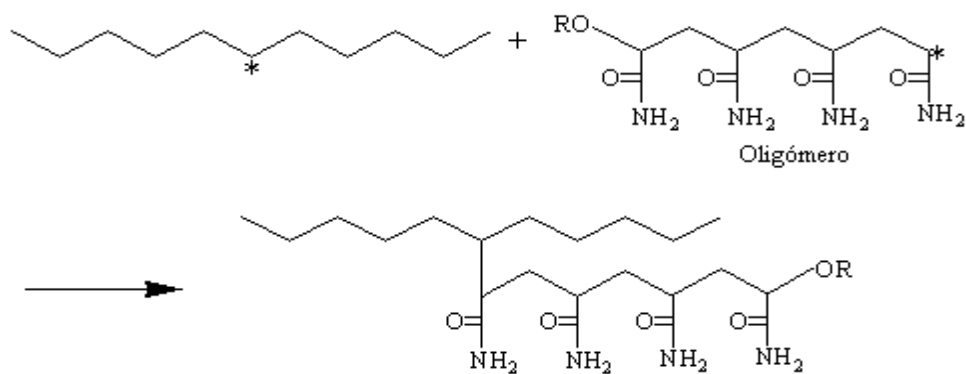


Figura. 1. Oligómero de poliacrilamida que se puede injertar en el polietileno [2].

Las mezclas fueron analizadas por espectroscopia FTIR en la región entre 1.750 y 1.690  $\text{cm}^{-1}$  (véanse las Figuras 1, 3 y 4), característica de los grupos carbonilos (C=O) del poli(3-hidroxibutirato). En la Figura 2 se puede observar un desplazamiento hacia la izquierda

XII Coloquio Venezolano de Polímeros, Universidad de Oriente, Cumana 2007

de esta banda a medida que disminuía la composición del poli(3-hidroxiбутирато) en la mezcla. La presencia de nuevas bandas en la mezcla compatibilizada PHB/PE, 75/25 parece evidenciar la presencia de nuevas interacciones de tipo puente de hidrógeno entre el carbonilo del poli(3-hidroxiбутирато) y el hidrógeno enlazado al grupo amino de la acrilamida (véase la Figura 3).

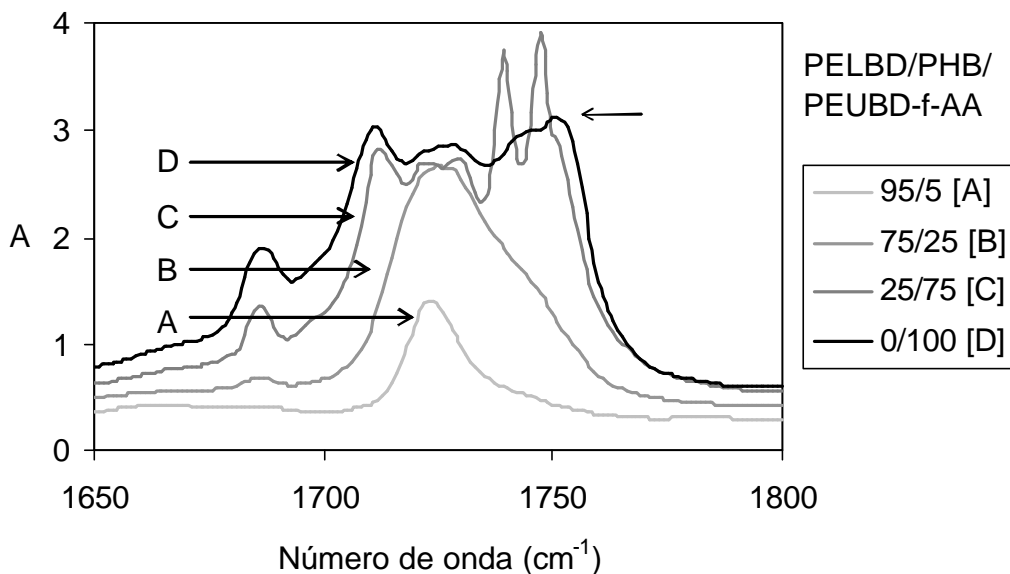


Figura 2. Espectros FTIR en los intervalos de 1800-1650 cm<sup>-1</sup> para las mezclas de PELBD/PHB a diferentes composiciones, en presencia de (PEUBD-f-AA).

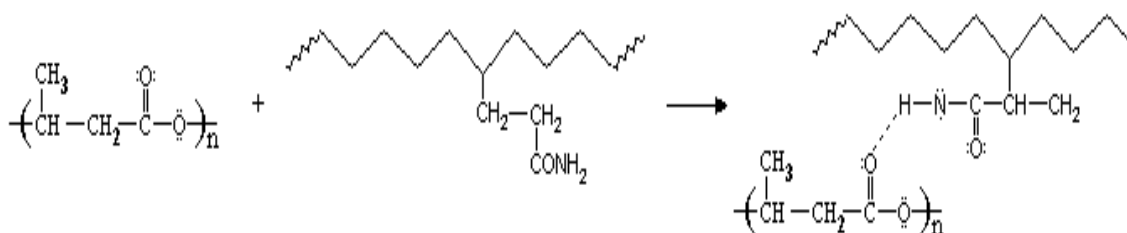


Figura 3. Posible interacción entre el PHB y el PEUBD-f-AA.

En la Figura 4 se aprecia que la incorporación del PEUBD-f-DEM también generó desplazamientos en la banda del carbonilo del PHB hacia frecuencias menores. Sin embargo, las mezclas sin compatibilizante (Figura 5) presentaron esta misma tendencia. Este desplazamiento se podría explicar en base a que se ha reportado que, el PHB se degrada térmicamente, generando moléculas que podrían estar interactuando con el grupo carbonilo de este biopolímero. Es importante destacar que sólo en la mezcla PHB/PELBD 75/25 compatibilizada con PEUBD-f-AA, se manifestaron nuevas bandas.

XII Coloquio Venezolano de Polímeros, Universidad de Oriente, Cumana 2007

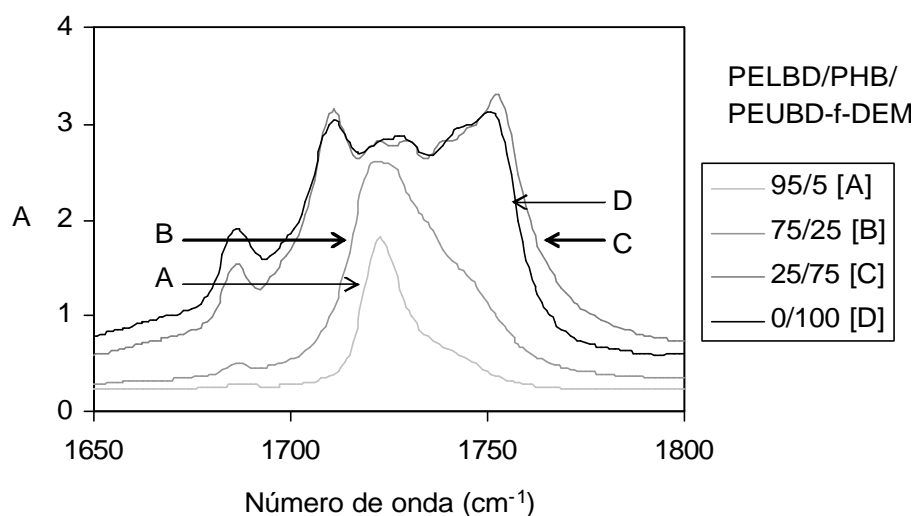


Figura 4. Espectros FTIR en los intervalos de 1.800-1.650 cm<sup>-1</sup> para las mezclas de PELBD/PHB a diferentes composiciones, en presencia de (PEUBD-f-DEM).

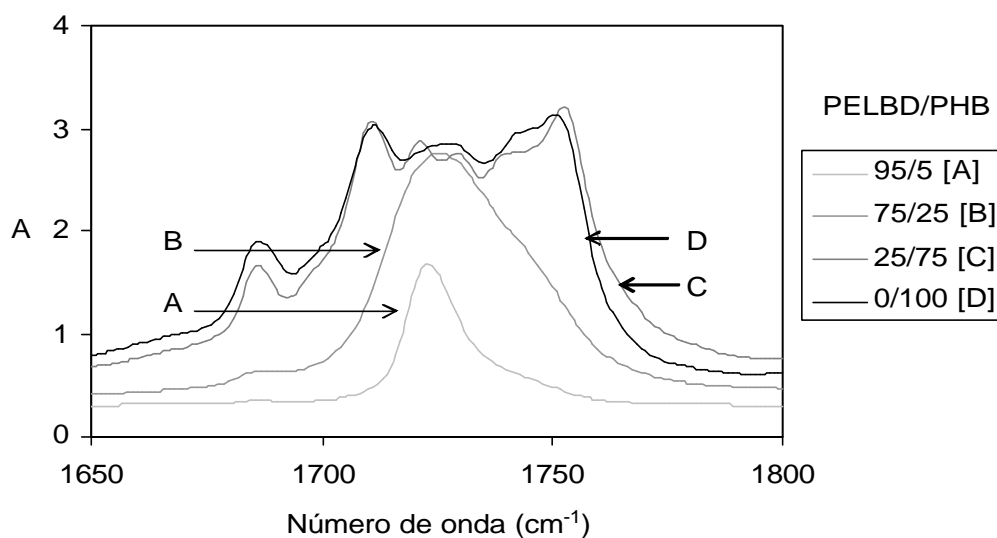


Figura 5. Espectros FTIR en los intervalos de 1.800-1.650 cm<sup>-1</sup> para las mezclas de PELBD/PHB a diferentes composiciones.

#### 4. CONCLUSIONES

La espectroscopia FTIR permitió observar desplazamientos de la banda del carbonilo en las mezclas indicando la presencia de interacciones entre los componentes de las mezclas. La mezcla PHB/PE con un contenido del 25% de polietileno y compatibilizada con un 10% de PEUBD-f-AA, resulto ser la única composición que evidenció experimentalmente por FTIR nuevas interacciones respecto a las mezclas sin agente compatibilizante.

**Agradecimientos.** Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la UDO (Proyecto N° CI-5-1902-116/03) las ayudas recibidas para realizar este trabajo de investigación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Nonato RV, Mantelatto PV, Rossell CEV, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **57**, 1 (2001)
2. Rojas de Gáscue B, López J, Prin J.L, Hernández G, Reyes Y, Marcano L, Carrasquero F, Puig C, Müller A.J, *Interciencia*, **30**, 388 (2005)
3. Fatou JG, Rojas de Gáscue B, *Polym. Bull.*, **44**, 285 (2000)
4. Rojas Gáscue B, Gómez-Fatou JM, *Rev. Plast. Mod.*, **477**, 270 (1996)
5. Rojas GB, Fatou JG, Martínez MC, Laguna O, *Eur. Polym. J.*, **32**, 725 (1997)
6. Rojas de Gáscue B, Méndez B, Manosalva JL, López J, Ruiz Santa Quiteria V, Müller AJ, *Polymer*, **43**, 2151 (2002)
7. Rosales C, Márquez L, González J, Perera R, Rojas B, Vivas M. *Polym. Eng. Sci.*, **36**, 2247 (1996)
8. Yang L, Zhang F, Endo T, Hirotsu T, *Macromolecules*, **36**, 4709 (2003)
9. Tseng FP, Lin JJ, Tseng CR, Chang FC, *Polymer*, **42**, 713 (2001)
10. García JM, Laguna O, Collar EP. *J. Appl. Polym. Sci.*, **65**, 1333 (1997)