“DESARROLLO Y ESTUDIO DE UNA MEZCLA TERNARIA POLIMÉRICA, EVUALUACIÓN DE PROPIEDADES TÉRMICAS, REOLÓGICAS Y OBTENCIÓN DE FILAMENTO PARA IMPRESIÓN 3D”

Miguel Angel Aguayo Aguirre, Luis Solorio, Gregorio Vázquez, Alejandro Vega
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS S, C.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y QUÍMICA DE MATERIALES
AV. MIGUEL DE CERVANTES, COMPLEJO INDUSTRIAL CHIHUAHUA. CHIHUAHUA, CHIH, MEXICO C.P 31136

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Hace unas décadas, las mezclas poliméricas comenzaron a ser un campo de estudio muy importante en la investigación ya que es un método muy común para producir materiales con nuevas o mejores propiedades a comparación de las que puede presentar un homopolímero [1]. Pero es algo limitado ya que la miscibilidad es un factor que interfiere con el propósito de la investigación[2]. Por lo cual la selección de los polímeros podría ser el paso más importante de este proceso. El ácido poliláctico (PLA) es uno de los polímeros biodegradables y reciclables más importantes y con una amplia gama de utilidades gracias a sus buenas propiedades mecánicas e hidrofóbicas. Gracias a estas propiedades tiene una facilidad para ser procesado en un equipo convencional de laboratorio como lo es un extrusor. La poliamida 6 (PA 6) es un polímero termoplástico semi-cristalino con excelentes propiedades mecánicas y químicas, aprovechándolas en la industria automovilística en su mayoría [3]. Una de sus propiedades que se puede tomar como desventaja es que es un polímero hidrofílico. El poliestireno-metil-metacrilato (SMMA) es un copolímero descubierto hace poco conformado por poliestireno (PS) y polimetil-metacrilato (PMMA).

OBJETIVOS

- Elaborar mezcla polimérica PLA/SMMA/PA 6.
- Fabricación del molde y obtención de probetas para evaluar compresión.
- Estudio de propiedades térmicas de componentes individuales y mezcla.
- Estudio de viscosidad de componentes individuales y mezcla
- Producir filamento para impresión 3D.
- Caracterización de estructura de filamento a través de tomografía computarizada.

RESULTADOS

	Resultados		Referencias [3], [4]	
Muestra	Tg (°C)	Tm (°C)	Tg (°C)	Tm (°C)
SMMA	100		86-118	
PLA	57		62	148
PA 6	51	221		225
Mezcla	62 y 104	218, 221		

MATERIALES Y METODOS

PLA
NatureWorks LLC
Peso molecular: 190,000 g/mol
Densidad: 1.24 g/cm³

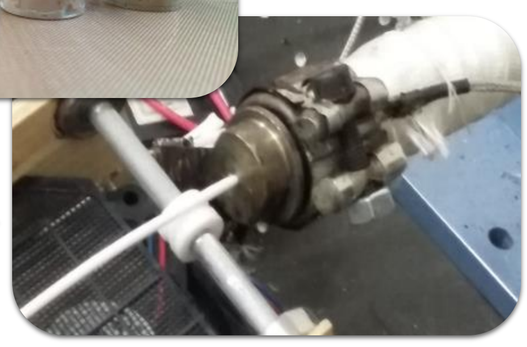
SMMA
Ineos Styrolution Group GmbH
Peso molecular: 210,000 g/mol
Densidad: 1.090 g/cm³

PA 6
Polímeros Nacionales
Densidad: 1.08 g/cm³

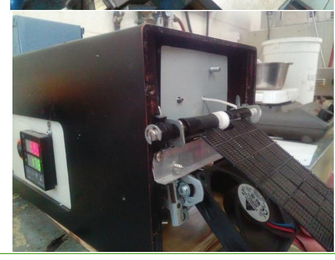
- MEZCLADO
- Cámara interna a 235°C, 10 min, 50 rpm

- MOLDEO POR COMPRESIÓN
- Media tonelada, 20 min, 260°C

- PREPARACIÓN DE MUESTRAS
- Uso del torno 250 rpm aproximadamente



- PRODUCCIÓN DE FILAMENTO
- 200°C aproximadamente



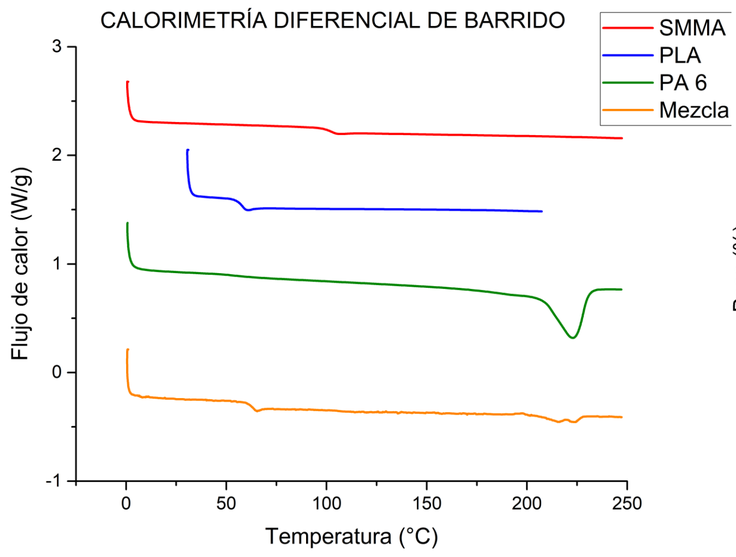


Fig 1. Incremento de la Tg en la mezcla polimérica y se observan dos temperaturas de fusión.

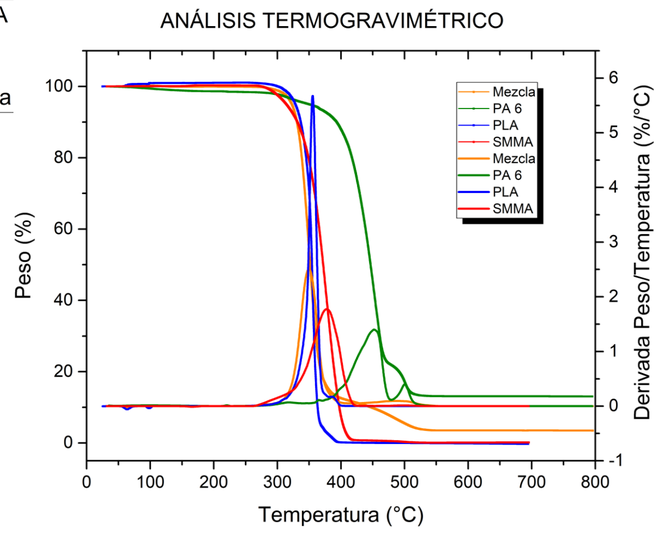


Fig 2. La mezcla $SMMA_{25}PA6_5PLA_{70}$ presentó una menor rapidez de degradación térmica.

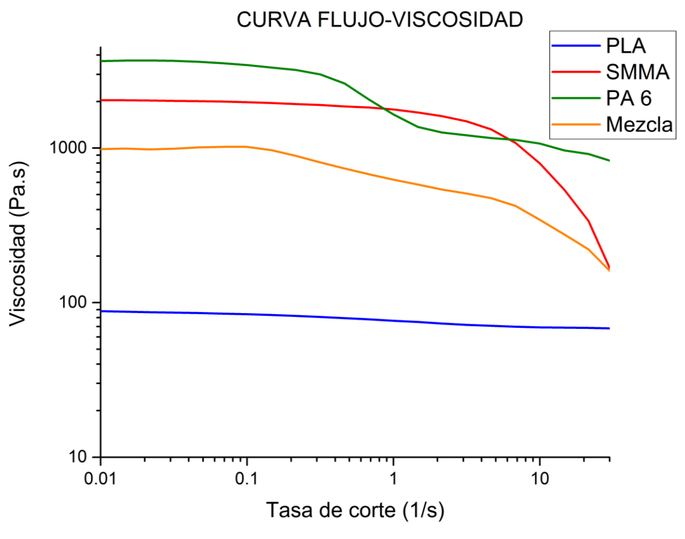


Fig 3. La mezcla $SMMA_{25}PA6_5PLA_{70}$ presenta una viscosidad superior a la del PLA pese a que la mayor composición de la mezcla es PLA, lo que se atribuye a interacción molecular entre cadenas.

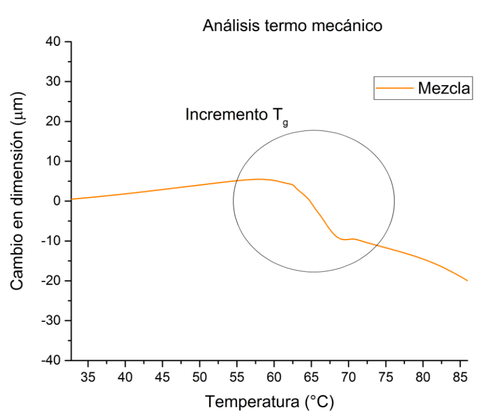


Fig 4. Se confirma el incremento en la temperatura de transición vítrea de mezcla $SMMA_{25}PA6_5PLA_{70}$

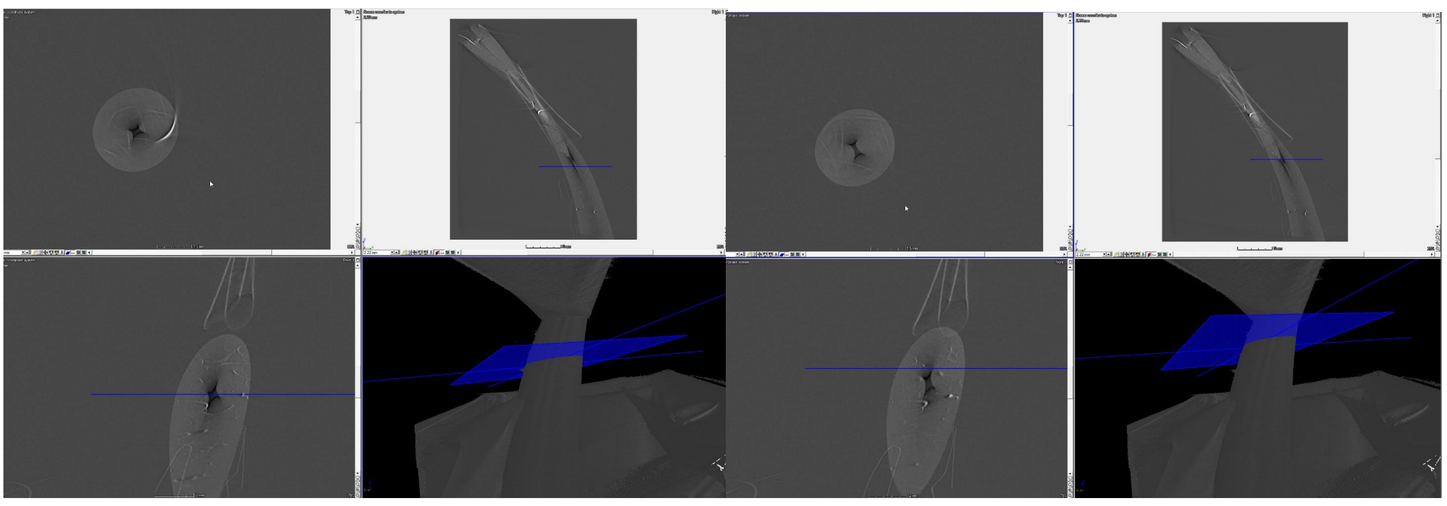


Imagen 1. Tomografía computarizada de sección de filamento $SMMA_{25}PA6_5PLA_{70}$. Lado izquierdo en una sección media de filamento, lado derecho en una sección más alta del filamento

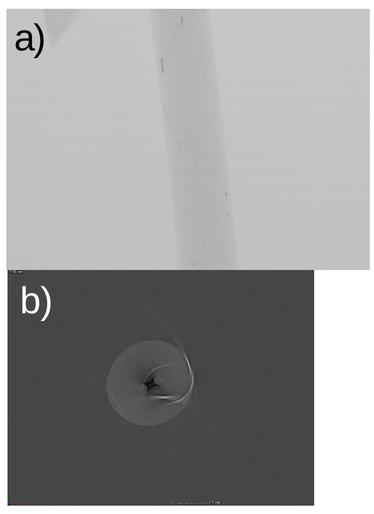


Imagen 2. (a) Radiografía de sección de filamento $SMMA_{25}PA6_5PLA_{70}$, y (b) tomografía de sección transversal de filamento $SMMA_{25}PA6_5PLA_{70}$. A través de la TC observamos un hueco originado en la producción de filamento.

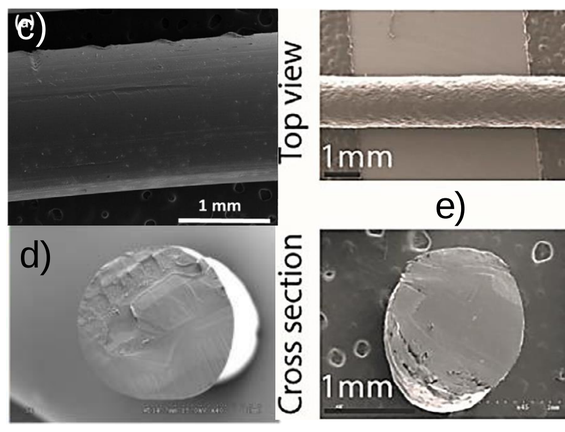


Imagen 3. Imágenes tomadas con el MEB (c) filamento de PLA ,(d) [5] sección transversal del filamento preparado de la mezcla PLA-CNT, y (e) [6] vista superior y sección transversal de filamento HPMC.

CONCLUSIONES

Las propiedades de los polímeros dependen en gran parte de la temperatura y condiciones de procesamiento. Se concluye que la incursión de PA 6 en una mezcla ternaria mejora la estabilidad térmica. La mezcla es procesable, sustentado mediante el proceso de moldeo. Se infiere una mejora de viscosidad debido a la interacción entre componentes, dicha interacción debe verificarse a través de IR. La contribución del análisis por TC en la conformación del filamento no ha sido reportada en literatura, lo que en el presente trabajo queda evidente para la caracterización de producción de filamentos en impresión 3D.

6. Kadry H, Al-Hilal T a., Keshavarz A, et al. Multi-purposable filaments of HPMC for 3D printing of medications with tailored drug release and timed-absorption. *Int J Pharm*. 2018;544(1):285-296.
5. León-Cabezas M a., Martínez-García a., Varela-Gandía FJ. Innovative functionalized monofilaments for 3D printing using fused deposition modeling for the toy industry. *Procedia Manuf*. 2017;13:738-745.
4. Akindoyo JO, Beg MDH, Ghazali S, Heim HP, Feldmann M. Impact modified PLA-hydroxyapatite composites – Thermo-mechanical properties. *Compos Part A Appl Sci Manuf*. 2018;107(October 2017):326-333.
3. Kodal M. Polypropylene/polyamide 6/POSS ternary nanocomposites: Effects of POSS nanoparticles on the compatibility. *Polym (United Kingdom)*. 2016;105:43-50.
2. Jiang ZY, Jiang XQ, Huang YJ, et al. Dynamics study of free volume properties of SMA/SMMA blends by PAL method. *Nucl Instruments Methods Phys Res Sect B Beam Interact with Mater Atoms*. 2006;245(2):491-494.
1. Tang P, Li GX, Higgins JS, Arrighi V, Cabral JT. Phase behaviour of SMMA and SAN blends using Flory’s equation of state theory. *Polymer (Guildf)*. 2002;43(25):6661-6667.