

## **Efecto del tipo de fibra sobre el reforzamiento mecánico de materiales biodegradables elaborados a partir de almidón de maíz utilizando el proceso de inyección-moldeo.**

Morín-Alcázar S.<sup>1</sup>, Delgado-Rangel A.<sup>2</sup>, Aguilar-Palazuelos E.<sup>3</sup>, Martínez-Bustos F.<sup>1</sup>,  
Jiménez-Arevalo O.<sup>2</sup>, Galicia-García T.<sup>1</sup>, Gutiérrez-Arias E.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>. CINVESTAV-Unidad Querétaro. Libramiento Norponiente 2000. Fracc. Real Juriquilla. Qro, CP.76001

<sup>2</sup>. Av Retablo 150, Col. FOVISSSTE, Santiago de Querétaro, Qro CP. 76150

<sup>3</sup>. Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán Sinaloa CP 80000.

e-mail autores: fanymorin@gmail.com, eaguilar@uas.uasnet.mx, fmartinez@qro.cinvestav.mx, omar.jimenez@ciateq.mx, tgalicia@qro.cinvestav.mx

### **1. Resumen**

En el presente trabajo se utilizó almidón nativo de maíz como matriz; bagazo de agave (Tequilana weber) y caña de azúcar como fuentes de fibra y glicerol como plastificante. Mezclas con 10% fibra y 10% glicerol se pelletizaron utilizando un extrusor monorosca (CINVESTAV-Querétaro, México) a condiciones constantes. Los pellets obtenidos fueron procesados posteriormente en un equipo de inyección-moldeo (Jon Wai, modelo JW-60SD) a un perfil de temperaturas constante, utilizándose como modelo una probeta tipo halterio. Se evaluó: resistencia máxima a la tracción ( $\sigma_{max}$ ), alargamiento a la ruptura ( $\epsilon$ ) y módulo de elasticidad ( $E$ ). Los tratamientos elaborados con fibra de caña presentaron mayores valores de  $\sigma_{max}$  y  $\epsilon$ , esto puede ser debido a una posible interacción de la fibra con la matriz de almidón. En fibra de agave, la diferencia de valores obtenidos en  $E$  presentó un material con menor fragilidad y mayor facilidad de proceso en la inyección y moldeo del material.

### **2. Introducción**

De manera gradual en los últimos años se ha presentado una sustitución en el área de embalajes de los materiales metálicos, vidrio y papel, por polímeros derivados de la industria petroquímica, sin embargo, la acumulación de estos materiales en la naturaleza han traído consigo diversos problemas principalmente ambientales [1]. El proceso de moldeo por inyección es un proceso práctico y ampliamente utilizado en el procesamiento de resinas plásticas, aunque recientemente ha sido evaluado para el procesamiento de biopolímeros como es el caso del almidón de maíz y fibras naturales. Debido a su grado de cristalinidad, interacción de cadenas adyacentes y orientación al flujo de proceso que se presentan en las fibras, estas pueden producir modificaciones de interés en las propiedades mecánicas de matrices poliméricas de origen natural al ser utilizadas como material de refuerzo. A partir de

lo anterior, se planteo el objetivo del presente trabajo: Evaluar el efecto de fibras obtenidas de dos fuentes distintas sobre las propiedades mecánicas de matrices de almidón de maíz

### 3. Condiciones Experimentales

#### 3.1 Preparación de muestras

Se utilizaron dos distintas fuentes de fibra como material de refuerzo a) fibra de bagazo de caña obtenida de residuos en la industria cañera de la región de Veracruz y b). fibra de Agave tequilero donada por la industria Tequilera de la región de Tequila, Jalisco. Ambas fibras fueron primeramente molidas y tamizadas utilizando mallas con aberturas de 240  $\mu\text{m}$  con el propósito de limpiarlas y homogenizar el tamaño de partícula. Los pellets fueron elaborados utilizando una matriz a base de almidón de maíz, glicerol como plastificante (10%) y fibra (10%) como material de refuerzo; estos pellets fueron preparados por extrusión utilizando un extrusor monorosca de laboratorio, diseñado y construido por CINVESTAV (CINVESTAV-IPN, Unidad Querétaro) operado a condiciones previamente establecidas. Posteriormente los materiales fueron moldeados utilizando una máquina de inyección de plásticos marca JON WAI 60SD, a condiciones constantes de inyección, obteniendo probetas tipo halterio ASTM-D638 como sistema modelo (Figura 1).

#### 3.2 Metodología

Los materiales obtenidos fueron evaluados con base a sus propiedades mecánicas de resistencia máxima a la tracción ( $\sigma_{\text{max}}$ ), alargamiento a la ruptura ( $\epsilon$ ) y módulo de elasticidad ( $E$ ) de acuerdo con las indicaciones de la norma ASTM-D638 [2] y en base a cambios en perfiles de viscosidad [3].

### 4. Resultados y Discusión.

#### 4.1 Propiedades mecánicas

En la tabla 1 se puede observar el efecto que le confiere el tipo de fibra al material obtenido. Se puede observar que ambos tipos de fibra mejoraron las propiedades mecánicas con respecto al material obtenido sin refuerzo mecánico incrementado los valores de módulo ( $E$ ) y deformación ( $\epsilon$ ). Ambos materiales reforzados presentaron propiedades mecánicas similares a las del poliestireno, aunque, con menores valores de  $\epsilon$ . Con relación a la comparación entre el efecto del tipo de fibra se puede observar que ambos materiales presentaron valores similares de esfuerzo ( $\sigma$ ) y  $\epsilon$ , sin embargo, la fibra de bagazo de caña presentó un valor mayor de  $E$  lo

que nos indica que los materiales fabricados de este material son más fuertes aunque menos ductiles que los reforzados con fibra de agave tequilero; todo esto nos lleva a que sin duda la fibra le confiere al material un reforzamiento dependiendo de la fuente de la que proviene posiblemente debido a la estructura y composición de las mismas.

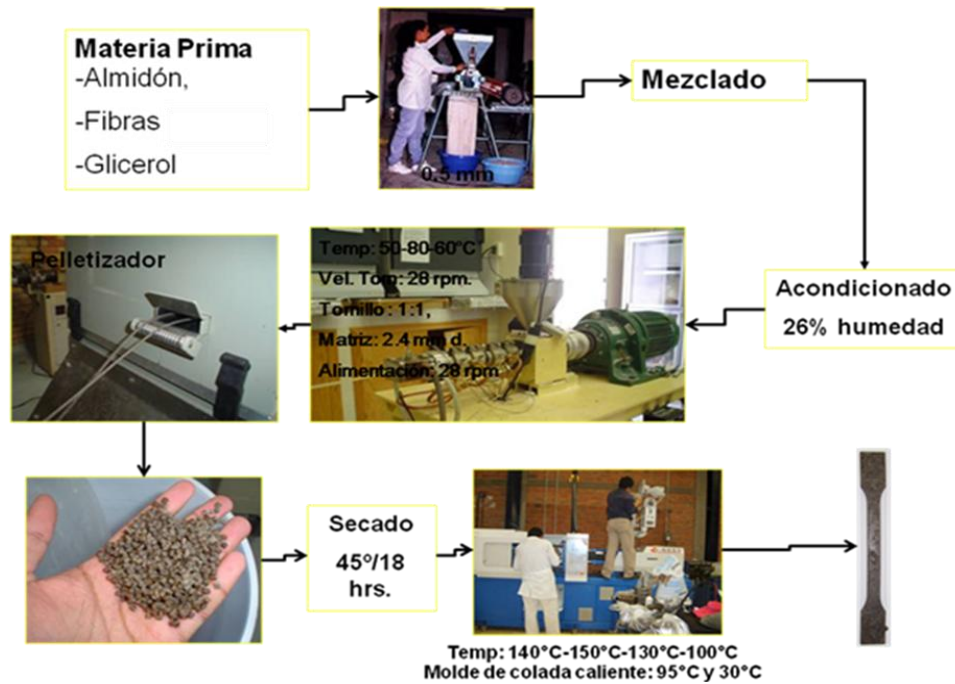


Figura 1. Proceso de elaboración de materiales biodegradables utilizando el proceso de extrusión y moldeo por inyección.

Tabla 1. Propiedades mecánicas (esfuerzo [ $\sigma$ ], deformación y módulo [ $E$ ]) obtenidas de pruebas de tracción.

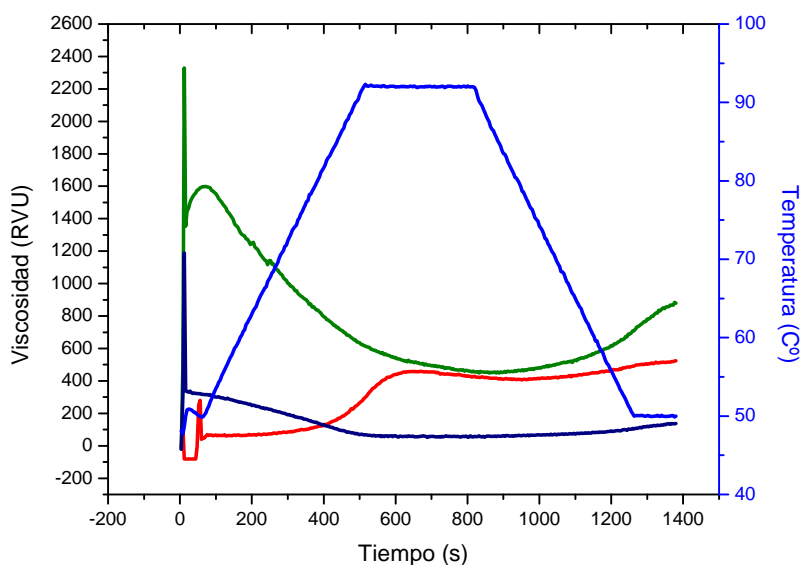
	$\epsilon$ (mm/mm)	$\sigma$ (MPa)	$E$ (MPa)
<b>Sin Fibra</b>	0.0019c	22.1325d	12035.487d
<b>Agave tequilero</b>	0.003b	10.34766c	3256.603c
<b>Bagazo de caña</b>	0.0029b	11.1101b	4032.3763b
<b>Poliestireno</b>	0.02a	45.0a	3100.0a

#### 4.2 Perfiles de viscosidad

La figura 2 nos muestra los perfiles de viscosidad de los materiales con fibra de agave, fibra de bagazo de caña y el obtenido sin fibra; se puede observar que el material que presentó el

BIO-P

perfil de viscosidad mas alto fue el obtenido sin fibra, y que el que presentó los mayores valores de viscosidad fue el obtenido con fibra de bagazo de caña. La viscosidad de la pasta es otra forma de evaluar el grado de degradación ocurrido durante el tratamiento térmico de materiales harinosos. Tratamientos severos destruyen la estructura granular del almidón, haciendo que la viscosidad de la pasta disminuya [4]. Posiblemente la fibra presentó efecto de reforzamiento y un efecto protector de la fibra sobre la matriz de almidón (siendo menor este para la fibra de agave) reduciendo con ello la degradación del material. Materiales amiláceos muy degradados presentan cadenas cortas de polímero lo cual reduce el nivel de interacción y con ello se afectan sus propiedades mecánicas.



**Figura 2.** Perfiles de viscosidad de las muestras (rojo): material con fibra de agave; (verde): material con fibra de bagazo de caña y. (azul): material sin fibra.

## 5. Conclusiones

El tipo de fibra presentó afectó las propiedades mecánicas de los materiales obtenidos, esto posiblemente debido al nivel de interacción que presentaron con la matriz de almidón. Ambos materiales presentaron propiedades mecánicas similares a la de polímeros comerciales siendo más fuerte los reforzados con bagazo de caña, aunque más dúctiles los reforzados con agave tequilero.

## 6. Referencias

- [1] Gontard N, Guilbert S y Cuq JL. 1993. Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barriers properties of an edible wheat gluten film. J.Food Sci. 58(1):206-211.
- [2] American Society for Testing and Materials- ASTM. 2001. Standard test method for tensile properties of plastics. ASTM D638. Philadelphia, ASTM, 59p.

- 
- [3] Zeng M, Morris CF, Batey IL y Wrigley CW. 1997. Sources of variation for starch gelatinization, pasting, and gelation properties in wheat. *Cereal Chem.* 74(1):63-71
- [4] Thomas DJ, y Atwell WA. 1997. *Starches, practical guides for the food industry.* Eagan press. St. Paul, Minnesota, USA.