

ISSN: 2594-0937

REVISTA ELECTRÓNICA MENSUAL

Debates sobre Innovación

DICIEMBRE
2019

VOLUMEN 3
NÚMERO 1

XVIII Congreso Latino Iberoamericano de Gestión Tecnológica
ALTEC 2019 Medellín



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Xochimilco



MEGI
MAESTRÍA EN ECONOMÍA, GESTIÓN
Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN



LALICS

LATIN AMERICAN NETWORK FOR ECONOMICS OF LEARNING,
INNOVATION AND COMPETENCE BUILDING SYSTEMS

DESARROLLO DE UN MATERIAL COMPUESTO BIODEGRADABLE PARA LOS PROCESOS DE EXTRUSION E INYECCION

Pedro Rodríguez Sandoval 1

Grupo de Investigación de Materiales y Ensayos Sena (GIMES) SENA – Centro de Materiales y Ensayos, Colombia. Email: prodirguezs@misena.edu.co

Carlos Parga Horta 2

Grupo de Investigación de Materiales y Ensayos Sena (GIMES) SENA – Centro de Materiales y Ensayos, Colombia. Email: carlospargah@gmail.com

Resumen

El creciente interés por el desarrollo de polímeros biodegradables se ha dado fundamentalmente a las exigencias, cada vez mayores, de reducir el impacto en la contaminación ambiental que se ha producido con el incremento de desechos generados por el uso de productos plásticos de un solo uso como son empaques y productos desechables fabricados con polímeros sintéticos.

La alternativa más viable para solucionar esta problemática, es desarrollo de materiales biodegradables con propiedades funcionales y que ofrezcan costos competitivos a los materiales plásticos actuales. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue la transformación y evaluación de las propiedades mecánicas y de biodegradabilidad de un material termoplástico, resultante de mezclar almidón de papa con polietileno de baja densidad, para obtener un material compuesto mediante el proceso de inyección. Inicialmente se generó una mezcla física entre con polietileno de baja densidad de polímero y el almidón de papa en porcentajes del 5 al 45% de almidón; se determinaron experimentalmente los parámetros de los procesos de extrusión e inyección. Se evaluaron las propiedades mecánicas de los polímeros inyectados por medio de microscopia electrónica de barrido-SEM, microscopia óptica, ensayos de tensión y pruebas de biodegradabilidad bajo la norma ASTM 6400 y ASTM 5988. Este trabajo contribuirá al diseño y elaboración de productos biodegradables que disminuyan el impacto ambiental y la contaminación de nuestro ecosistema.

Palabras clave: Almidón de papa, biodegradabilidad, proceso de inyección, proceso de extrusión

INTRODUCCION

Los materiales poliméricos de origen sintético que son derivados del petróleo, abarcan un mercado muy amplio en la industria de este sector. Por su corto periodo de vida útil, se convierten en residuos rápidamente debido a su alta resistencia a la degradación, lo cual genera un problema ecológico por su uso. La normatividad ambiental y la creciente conciencia hacia el medio ambiente, está obligando a las industrias a buscar nuevos materiales. A nivel mundial se han realizado estudios para obtener los polímeros biodegradables a través de cuatro grandes fuentes principales: origen animal (colágeno /gelatina), origen marino (quitina/quitosan), origen agrícola (lípidos y grasas e hidrocoloidales: proteínas y polisacáridos) y origen microbiano (ácido poliláctico (PLA) y polihidroxialcanoatos (PHA)).

Las investigaciones de polímeros biodegradables con base en polisacáridos se iniciaron en los años 1970 y continúa actualmente en varios laboratorios del mundo. Las tecnologías que aún se siguen desarrollando, están relacionadas con la incorporación de granos de almidón o almidón

en forma gelatinizada a las formulaciones de las películas fabricadas en procesos de compresión, extrusión de un solo tornillo o doble tornillo y moldeo por inyección.

La universidad Carlos III de Madrid el Dr. Contreras Andújar y el ingeniero Meré Marcos (2009), La universidad tecnológica del suroeste de Guanajuato, México los ingenieros Ortiz y Villalobos (2013), desarrollaron la síntesis de un polímero termoplástico biodegradable basado en almidón de patata, papa y diversos plastificantes que se conocen comúnmente con el nombre TPS.

El centro de investigación de ciencia aplicada y tecnología avanzada del Instituto Politécnico Nacional México los doctores Vieyra y Martín (2009), desarrollaron un polímero biodegradable de almidón – polietileno obtenidos a partir del proceso de extrusión. En la elaboración del polímero se consideraron los factores porcentaje de almidón, velocidad de extrusión y temperatura de extrusión. Seguidamente realizaron un ensayo exploratorio en el que se tomó una muestra de 2 kg del polímero con un porcentaje de almidón del 15% y se molió a un tamaño de partícula de 2 mm, posteriormente lo llevaron a una máquina de inyección con un molde de una cavidad de una taza de 125 ml de capacidad; en dicha investigación se probaron 5 temperaturas de inyección siendo 150°C la que permitió obtener el producto esperado con las características estructurales ideales para uso doméstico.

En lo referente al proceso de extrusión e inyección con materiales biodegradables es muy poca la investigación realizada en la transformación y caracterización de productos a partir de almidón de papa; por lo tanto, se debe investigar el porcentaje de almidón de papa con varios tipos de aditivos para condicionarlo al proceso y mejorar sus propiedades físico - químicas del producto final.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este proyecto fue la transformación, evaluación de propiedades mecánicas y la verificación de la degradación mediante los procesos de compostaje según norma ASTM 6400 y ASTM 5988 para un material compuesto para los procesos de extrusión e inyección.

1 Metodología

1.1 . *Materia prima.*

Se utilizó polietileno de baja densidad (PEBD) marca DOW referencia 9931 y almidón de papa modificado referencia ALMI 4 procesado por ALMICOR Ltda., mezclado con 5% de gliceraldehído y 30% de agua destilada

1.2. *Preparación y alistamiento*

Se procedió con la preparación de los tratamientos planeados según concentración de almidón, entre el 5 al 45%. Estos tratamientos se planearon para este trabajo de investigación de los resultados de los trabajos de investigación de los doctores Ortiz y Villalobos (2013) donde se trabajaron porcentajes de mezcla de 5% al 30% para analizar el comportamiento del almidón con relación al polímero sintético. Esta operación se realizó en un mezclador mecánico marca BOGDA modelo BG -50 de capacidad 50 Kg que giraba a 85 rpm durante un tiempo temporizado de 10 minutos para realizar la mezcla dispersiva.

1.3. *Transformación de pellets y de probetas*

La transformación de los pellets (figura 1) se llevó a cabo por medio de un proceso de extrusión, para el cual se inició con la programación de la máquina extrusora de doble husillo marca Thermo Scientific - Haake Rheomex referencia 05 PTW16, con la que se definieron los parámetros de transformación de la siguiente manera: temperatura entre 100 a 195°C con un perfil ascendente en las diez zonas del cañón, temperatura de cabezal de 185°C, presión de masa 5,0 Bar, revoluciones del tornillo de 80 RPM y torque de 16 N. Obteniéndose un filamento de cuatro milímetros de diámetro que posteriormente se pasó al equipo de peletizado saliendo cilindros de 4mm de longitud

1.figura: Proceso de extrusión - Pelitizado



Fuente: autor

Seguidamente, se realizó el procedimiento de inyección en la máquina inyectora marca Wittmann Smart, de 60 toneladas de fuerza de cierre y capacidad de inyección de 150 g con sus respectivos equipos periféricos. Utilizando un molde de acero de dos cavidades de la probeta tipo corbatín (figura 2) según norma ASTM D-638 se fabricaron probetas con 5, 15, 20 y 45% de contenido de almidón.

2.figura: Proceso de inyección



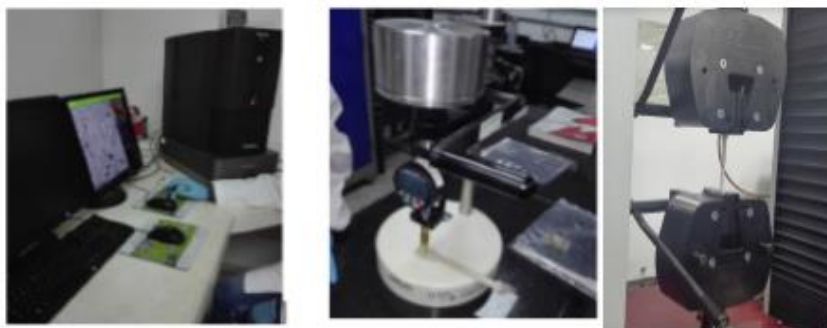
Fuente: autor

1.4. Caracterización del material biodegradable

Las pruebas que se hicieron para la caracterización del material biodegradable. Se tomaron aleatoriamente muestras de las probetas por cada tratamiento (5, 15, 20 y 45%) para realizar las pruebas de caracterización estructural por microscopía electrónica de barrido (SEM) en el equipo

marca Phenom, modelo XL acoplado con analizador EDS (Espectroscopia de Energía Dispersiva de Rayos X). Las propiedades mecánicas mediante ensayos de tensión con la maquina universal marca *BESMAK BMT-E* de 5 toneladas de celda y dureza tipo Shore relacionada con las propiedades elásticas y plásticas del material se realizaron con el durómetro marca Rex, para lo cual se implementó un indentador tipo A. (figura 3)

3.figura: Ensayos caracterización material



Fuente: autor

1.5. Verificación de biodegradabilidad

Para determinar la biodegradabilidad del material se siguieron los lineamientos propuestos en la norma ASTM D- 5988 (figura 4). Se tomaron muestras de suelo (compost) y se tamizaron con un tamaño de malla menor a 2 mm. Posteriormente se pesaron 300 g de muestra (compost), se llevaron al desecador y se mezclaron con 30 mL de solución de fosfato de amonio. La solución de fosfato de amonio se preparó pesando 4,72 g y aforando hasta 100 mL, de igual manera se preparó una solución de hidróxido de bario $Ba(OH)_2$ pesando 0,39 g y aforando hasta 100 mL. Se agregaron 100 mL de $Ba(OH)_2$ en un beaker y 50 mL de agua destilada en otro beaker. Constantemente se agitaba de manera suave la capa formada sobre la superficie de $Ba(OH)_2$ para asegurar la absorción continua de CO_2 . Se sacó el $Ba(OH)_2$ del desecador, se agregó la cantidad total a un matraz de Erlenmeyer y se adicionó una gota de fenolftaleína. El desecador se dejó destapado por 30 minutos y se introdujo una nueva solución de $Ba(OH)_2$. Se pesaron 0,42 g de ácido clorhídrico (HCl) y se aforó hasta 100 mL. Finalmente se procedió a titular el $Ba(OH)_2$ mezclado con la fenolftaleína para así determinar la cantidad de CO_2 producido y por ende la biodegradabilidad del polímero analizado.

4. figura: Ensayos caracterización material



Fuente: autor

2. Resultados y discusión

2.1. *Procesos de extrusión e inyección*

Por el proceso de extrusión se obtuvieron filamentos de 4 mm de diámetro, los cuales se llevaron a la maquina peletizadora para obtener pellets de 4 mm de diámetro por 4 mm de longitud. En este proyecto se tuvieron en cuenta los resultados de los trabajos realizados por los Ortiz y Villalobos (2013) y Rodríguez, Camargo y Villagrán (2016) donde se procesó película y filamento con mezclas de polietileno de baja densidad y porcentajes de almidón de papa.

Por inyección se obtuvieron como producto probetas tipo corbatín con los diferentes tipos de mezclas de acuerdo al diseño experimental, para este cuadro del proceso se tuvieron en cuenta los resultados de los trabajos de investigación de Muñoz, Gómez y Rodríguez (2015) y Rodríguez y Camargo (2016) donde se realizó trabajos de inyección de polietileno con cargas de almidón

Figura 5: Productos finales pellets y probetas tipo corbatín



Fuente: autor

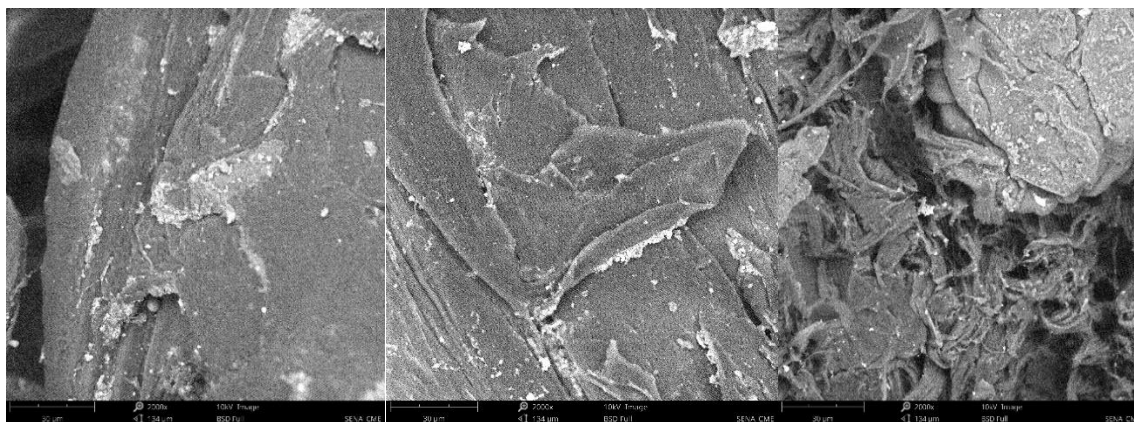
2.2 Caracterización material

2.1.1 *Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)*

En la figura 5 se observa, el tratamiento A (Polietileno de baja densidad 100% - Almidón de papa 0%) se observa una microestructura de un solo material. El tratamiento B (Polietileno de baja densidad 85% - Almidón de papa 15%) su microestructura muestra que existen dos componentes el almidón se presenta en forma de grano blanco mezclados con la base polimérica color gris. El tratamiento C (Polietileno de baja densidad 70% - Almidón de papa 30%) la microestructura se observa acumulación de almidón, rechupes en la superficie, una mezcla no homogénea.

En los ensayos de los diferentes tratamientos se observa que a mayor concentración de almidón de papa se tiene una mayor cantidad de poros, rechupes y se evidencia concentraciones de almidón separadas de la base polimérica del polietileno de baja densidad. Comparado con los trabajos de investigación Ortiz y Villalobos (2013); Villaba, Navia y Mosquera Silvio (2013); Rodríguez, Muñoz y Gómez (2015), en el ensayo SEM se observa que no existe homogeneidad en su microestructura.

Figura 5: Microfotografías de tratamientos 0%, 15% y 30% a 300X y escala de 250 μm



Fuente: autor

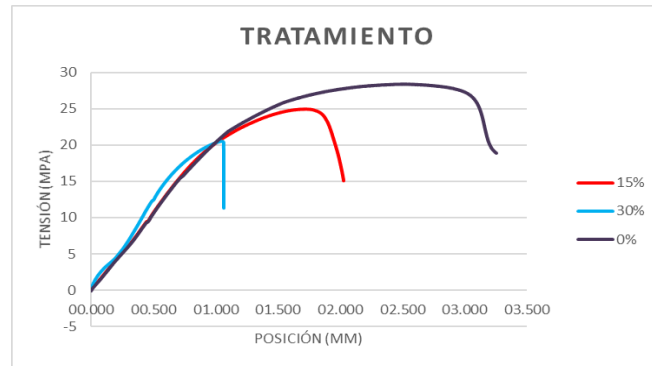
2.1.2 Ensayos Tensión

El ensayo de tensión se realizó a las probetas tipo corbatín de las muestras aleatorias de los tratamientos analizados en este trabajo de investigación.

En la figura 6, se observa las curvas típicas de esfuerzos deformación de los tratamientos analizados, se diferencia por colores las líneas de la curva siendo la roja del tratamiento A (polietileno de baja densidad 100% -Almidón de papa 0%), el color verde pasto corresponde al tratamiento B (polietileno de baja densidad 85% -Almidón de papa 15%) y el azul al tratamiento C (polietileno de baja densidad 70% -Almidón de papa 30%).

La forma de las curvas es típica de un material polimérico termoplástico. Se diferencian la curva del tratamiento A de la de los tratamientos B y C. En la primera tiene una tasa lenta de deformación y la B y C poseen una tasa rápida de deformación. Se observa también que en la zona inicial de la curva correspondiente a la región elástica se presenta una línea recta en todos los tratamientos hasta el punto de deformación. Se observa que los esfuerzos a la ruptura, los porcentajes de deformación y deformación a la ruptura estas propiedades mecánicas van disminuyendo con el incremento del porcentaje de almidón y la disminución del polietileno de baja densidad.

Figura 6: Curva esfuerzo – deformación

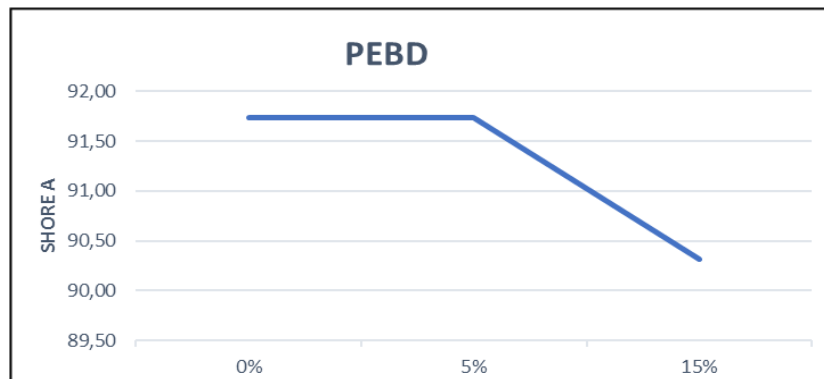


Fuente: autor

2.1.3. Ensayos de dureza

En este ensayo se tomaron en cuenta las variables obtenidas en el durometro marca Rex en unidades shore A y D. En la figura 7 se observa que el valor de la dureza a medida que se incrementa el porcentaje de almidón de papa esta propiedad mecanica disminuye.

Figura 7 Grafica Tratamientos –Dureza A

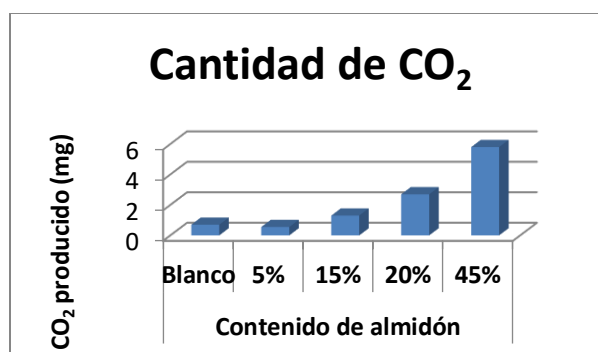


Fuente: autor

2.1.4 verificacion biodegradabilidad

En los ensayos de biodegradabilidad, de acuerdo a la norma ASTM D-5988, mostrados en la figura 8 se estableció que el biopolímero es degradable por medios biológicos encontrados en el compost. Además, se evidencia que a medida que se aumenta el contenido de almidón en la matriz de polietileno de baja densidad, la producción de CO₂ es mayor; mientras que la producción de CO₂ es muy baja con contenidos bajos de almidón, indicando que la biodegradación de un plástico totalmente sintético no es viable.

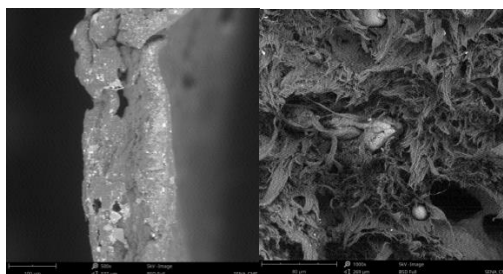
Figura 8. Cantidad de CO₂ producido según la norma ASTM D-5988.



Fuente: autor

Las imágenes de microscopia, su microestructura muestra que existen dos componentes; el almidón se presenta en forma de grano blanco mezclado con la base polimérica color gris. Esta prueba verifica la degradabilidad del bioplástico por la presencia de poros y filamentos formados en el material, lo cual se puede observar en la figura 9. En los ensayos de los diferentes tratamientos se observa que a mayor concentración de almidón de papa se tiene una mayor cantidad de poros y filamentos. Comparado con los trabajos de investigación de Ortiz y Villalobos (2013).

Figura 9. Imágenes de microscopía para el biodegradable antes del proceso de compostaje (izq) y después del proceso de compostaje (der).



Fuente: autor.

3. Conclusiones

Este trabajo de investigación da como resultados un nuevo material compuesto biodegradable se puede transformar por los procesos de extrusión e inyección con parámetros ideales para la producción en serie de productos plásticos siendo una alternativa para reemplazar los materiales sintéticos utilizados para las líneas de empaques industriales y productos de un solo uso colaborando con el problema ambiental existente a nivel mundial

Los métodos planteados para generar soluciones que reduzcan la problemática ambiental, dentro de este proyecto de investigación se está implementando la biodegradación o ataque por medio de microorganismos. Además, la implementación de un polímero natural como el almidón trae ventajas debido a que es un material abundante en el planeta y con buenas propiedades fisicoquímicas.

La producción de dióxido de carbono por los microorganismos presentes en el compostaje y analizado en las pruebas según la norma ASTM D-5988, demuestran que el almidón de papa está siendo utilizado para llevar a cabo sus rutas metabólicas y respiratorias. Lo que comprueba la degradación del biodegradable.

La superficie del material observado a través de microscopía electrónica de barrido y los ensayos mecánicos de tensión y dureza, también muestran la pérdida de propiedades del material a lo largo de los meses de estar sometido a un proceso de compostaje

4. Referencias

Arévalo K. (1996). Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y campo. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Muñoz E., Gómez E., Rodríguez P. (2015). Obtención y caracterización de un biodegradable a partir de almidón de papa y polietileno de baja por inyección. *Revista Informador Técnico*. ISSN: 2256-5035. Vol.79.

Ortiz M., Villalobos M. (2013) Desarrollo de una película plástica a partir de almidón extraído de papa residual. Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato. México.

Rodríguez L, Bello L, Yee H, González R (2013) Propiedades mecánicas y de barrera de películas elaboradas con harina de arroz y plátano reforzadas con nano partículas: Estudio con superficie de respuesta. *Rev. Mexicana de Ingeniería Química*. Vol. 12, No. 1.

Rodríguez P., Camargo S. (2017). Caracterización de las propiedades mecánicas de un material biodegradable a partir de los procesos de extrusión y peletizado. *Informador Técnico*. ISSN: 2256-5035. Vol. 81, No.2

Rodríguez P., Camargo S., Cruz I. (2017), Desarrollo del proceso de inyección con material biodegradable basado en la mezcla de polietileno de baja densidad y almidón de papa. Lisboa- Portugal. Congreso iberoamericano de Ingeniería Mecánica. Lisboa, Portugal ISSN: 978-989-95683.

Rodríguez P., Camargo S., Villagrán I. (2016). Transformación y caracterización de un bioplástico por los procesos de extrusión e inyección. *Revista Informador Técnico*. Vol. 80, No. 2.

Villada H., Acosta H., Velasco R. (2006) Biopolímeros naturales usados en empaques biodegra