

Memorias



V Simposio DE MATERIALES POLIMÉRICOS



**28 y 29 Octubre
2019**

Revista Informador Técnico / Volumen 83 n2- Suplemento I
Diciembre 2019 / e- ISSN 2256 - 5035



Informador Técnico

Publicación seriada publicada por el SENA, indexada en Colciencias en Categoría C y en otras bases de datos nacionales e internacionales, que tiene como objetivo principal socializar y brindar una información oportuna en temática investigativa y tecnológica de las cadenas productivas de Metalmecánica, Petroquímica, Plástico, Caucho y Fibras.



V Simposio DE MATERIALES POLIMÉRICOS

Cali- Colombia, 28 y 29 de Octubre de 2019



Comité Editor

Carlos Mario Estrada Molina, M.Sc.,
Director General del SENA

Aura Elvira Narváez Agudelo
Directora (E) SENA Regional Valle

Paulo César Ramírez Quintero
Subdirector (E) Centro Nacional de
Asistencia Técnica a la Industria –ASTIN

Miguel Ángel Solís Molina
Editor de la revista

María Andrea Benítez de la Ossa
Gestora Editorial

Ana María Cortés Rosero
Corrección de estilo
Auxiliar de edición - ASTIN - SENA

Aura María Rosero Arteaga
Corrección de estilo
Profesional en Investigación - ASTIN - SENA

Elizabeth Enriquez Quintero
Diagramación y diseño

Comité Científico - Evaluador

El V Simposio de Materiales Poliméricos ofrece sus agradecimientos a los investigadores quienes actuaron en calidad de pares evaluadores.

Antonio Sánchez Solís, Ph.D.
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Octavio Manero Brito, Ph.D.
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Luis Felipe del Castillo, Ph.D.
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Carolina Caicedo Cano, Ph.D.
ASTIN - SENA, Colombia

Cesar Pulgarín, Ph.D.
Escuela Politécnica Federal de Lausana, Suiza

Abel Gaspar Rosas, Ph.D.
Director científico para ventas TA INSTRUMENT, Estados Unidos

Alfredo Maciel Cerda, Ph.D.
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Yenny Patricia Ávila Torres, Ph.D.
Universidad Santiago de Cali, Colombia

Comité Organizador

Aura Elvira Narváez Agudelo
Directora Regional Valle SENA

Paulo Cesar Ramírez Quintero
Subdirector (E) centro ASTIN - SENA

Farid de Jesús Figueroa
Coordinador SENNOVA
Dirección de Formación Profesional - SENA

Bairo Vera Mondragón
Coordinación I+D+i - ASTIN - SENA

Carolina Caicedo Cano
Líder del grupo de Investigación en Desarrollo
de Materiales y Productos, GIDEMP - SENA

Edwin Flórez López
Decano
Facultad de Ciencias Básicas
Universidad Santiago de Cali

Yenny Patricia Ávila Torres
Directora
Maestría en Química Industria
Universidad Santiago de Cali

Coordinadora

Carolina Caicedo Cano
Líder del grupo de Investigación en Desarrollo
de Materiales y Productos "GIDEMP" - SENA

e-ISSN: 2256-5035
Suplemento I - Diciembre de 2019

Comité Logístico

Ana María Cortés Rosero
Aldo Rafael Vázquez Arce
Carlos Eduardo Muñoz Lasso
Cesar Andres Amaya
Elizabeth Wagner Andrade
Jane Carolina Herrera
Nidia Karina Mora Londoño

Apoyo Logístico

Ingrid Noelia Zambrano Prada
Jackeline Rodríguez
Fredy F. Miramag Martínez.
José Miguel Rosero Martínez
Nalley Alejandra Becerra Aguirre
Rodrigo Martínez Zuñiga

Comité de Comunicaciones

Elizabeth Enriquez Quintero
Diagramación
Diseño Gráfico - ASTIN - SENA

María Andrea Benítez de la Ossa
Gestora Editorial
Revista Informador Técnico - ASTIN - SENA

Ana María Cortés Rosero
Corrección de estilo
Auxiliar de edición - ASTIN - SENA

Aura María Rosero Arteaga
Corrección de estilo
Profesional en Investigación - ASTIN - SENA

Germán Ocampo Duque
Maestro de Ceremonia
Instructor ética de comunicación - ASTIN - SENA

Patrocinadores

SENNOVA
TA INSTRUMENTS
BIOLIN SCIENTIFIC
PERKIN ELMER
CCV
INGENIERIA S.A.S.
PSI Ltada
PROCESS SOLUTIONS AND EQUIPMENT SAS
JAC ALMOTORES

Ponentes Magistrales

Antonio Sánchez Solís, Ph.D.

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Octavio Manero Brito, Ph.D.

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Edwin Yesid Gómez Pachón, Ph.D.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Luis Felipe del Castillo, Ph.D.

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Chris Harling, M.Sc.

Gerente Regional de Ventas para América
Biolin Scientific, Inglaterra

Carolina Caicedo Cano, Ph.D.

ASTIN - SENA, Colombia

Juan Pablo Correa, Ph.D.

Universidad Autónoma de Occidente, Colombia

Rafael Andres Robayo-Salazar, Ph.D.

Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez" Fuerza Aérea Colombiana

Jorge Gutiérrez Cifuentes, Ph.D.

Universidad del Quindío, Colombia

Cesar Pulgarín, Ph.D.

Escuela Politécnica Federal de Lausana, Suiza

Abel Gaspar Rosas, Ph.D.

TA INSTRUMENT, Estados Unidos

Alfredo Maciel Cerda, Ph.D.

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Aura Elvira Narváez A., M.Sc.

Directora Regional Valle del SENA, Colombia

Aaron Cervantes, M.Sc.

Director de alianzas estratégicas
The University of Texas at el Paso.
Instructor de I-Corps de la NSF. Estados Unidos

Yenny Patricia Ávila Torres, Ph.D.

Universidad Santiago de Cali,
Colombia

V Simposio de Materiales Poliméricos

Volumen 83 • Número 2 • Julio-Diciembre 2019 • e-ISSN 2256-5035

CONTENIDO

Presentación.....	6
Polímeros compuestos y nanocompuestos.....	7
Ingeniería de polímeros, procesamiento y reología.....	28
Métodos de síntesis novedosos para polímeros.....	62
Bipolímeros.....	85
Conversatorio.....	127

Presentación

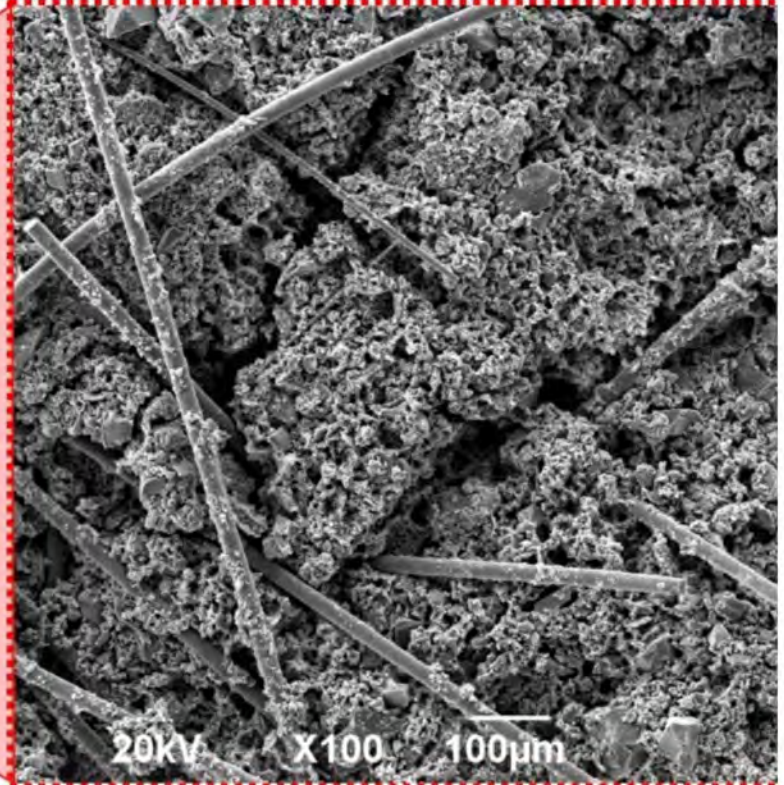
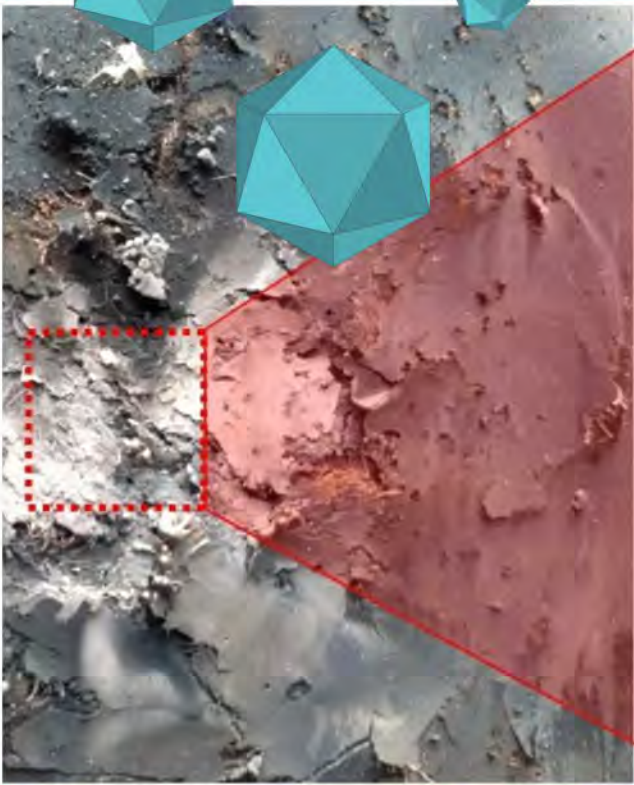
Las actividades relacionadas con la participación ciudadana en ciencia, tecnología e innovación (CTI) son una gran oportunidad para que nuestro país genere la promoción de proyectos con un efectivo diálogo e intercambio de conocimiento, en los que se evidencie una visión compleja de la ciencia y la tecnología, se presenten los problemas tecno-científicos en sus dimensiones políticas y sociales, y se dé cuenta del papel que tienen los diversos grupos de interés en la estructuración de hechos. Tanto los programas de formación en diferentes instancias académicas como las necesidades de la industria requieren de una continua actualización de conceptos e ideas con el fin aportar en la productividad y competitividad de mercados actuales y futuros. En Colombia y específicamente en nuestra región a pesar de existir gremios empresariales y grupos de investigación asociados a la síntesis y transformación de materiales poliméricos, estos no logran reconocerse a nivel regional desestimulando procesos de retroalimentación direccionados a construir puentes entre la industria y la academia que impulsen el sector. De esta forma, el centro ASTIN dedica esfuerzos en formar recurso humano de nivel tecnológico y resolver problemas del sector del plástico, caucho y fibras sintéticas a través de proyectos de asistencia técnica, investigación aplicada e innovación. En este sentido, el grupo de investigación en desarrollo de materiales y productos (GIDEMP) del centro actúa como el medio que propicia la interacción entre la industria y la academia. Y se ha propuesto como objetivo fortalecer las redes de trabajo entre grupos de investigación de la región, nacionales e internacionales y empresas del sector del plástico, caucho y fibras sintéticas, mediante el desarrollo del Simposio de Materiales Poliméricos.

En su quinta versión el evento contó desde la organización con la dirección del programa de maestría en Química Industria y Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Santiago de Cali para el desarrollo del “Simposio de Materiales Poliméricos” efectuados los días 28 y 29 de octubre de 2019 en la ciudad de Cali, Colombia. En esta oportunidad participaron 37 investigadores de diferentes países (Suiza, Estados Unidos, México, Inglaterra y Colombia), y logró la asistencia de 602 personas de Universidades (93), Comunidad SENA (466) y profesionales del Sector Productivo (43) del país y Latinoamérica. Cabe resaltar que adicional al espacio de ponencias magistrales se realizó un conversatorio que dio lugar a una discusión significativa entre la industria y academia bajo el tema: ¿Cómo llevar tu tecnología del laboratorio a la industria” que tuvo la participación de los siguientes panelistas: Aaron Cervantes, Director de alianzas estratégicas de la Universidad del Paso Texas, Instructor de I-Corps de la NSF, Estados Unidos; Aura Elvira Narváez A., Directora Regional Valle del SENA, Colombia, y Cesar Pulgarín, Profesor de la Escuela Politécnica Federal de Lausana, Suiza. Finalmente, se reconocen los siguientes trabajos presentados por estudiantes e investigadores que obtuvieron premios en el concurso de pósters como medio de divulgación de resultados científicos.

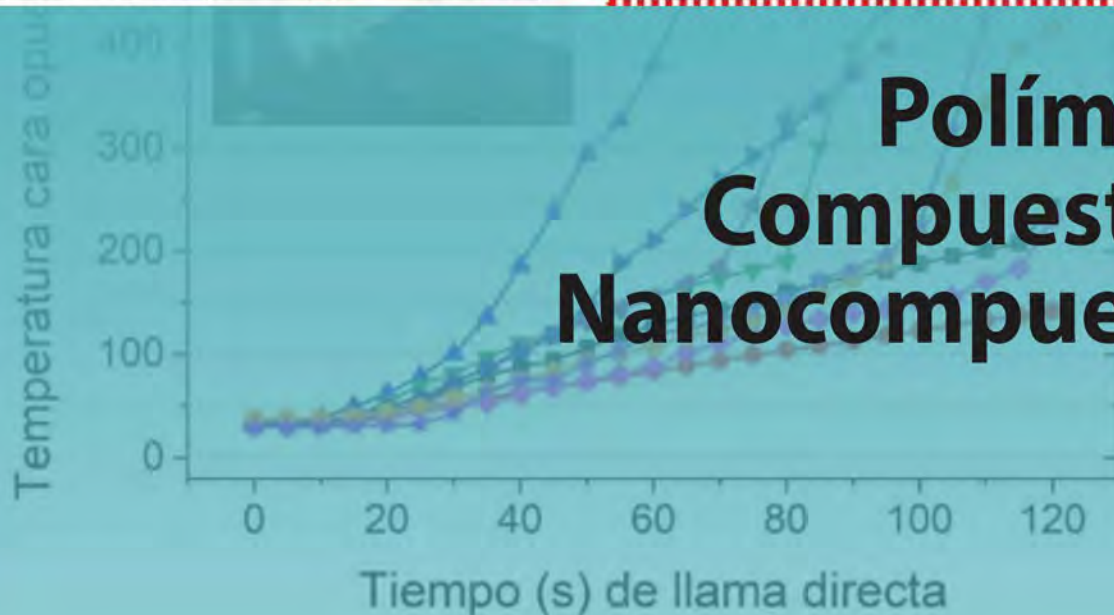
- Elaboración y evaluación de biopolímeros utilizando diferentes fuentes de almidón. Tecnoacademia Risaralda.
- Aprovechamiento de la semilla de aguacate (*Persea americana* Mill.) tipo hass para la extracción de almidón. Tecnoacademia valle.
- Caracterización de membranas compuestas por nanofibras de acetato de celulosa preparadas por electrohilado para la retención de micropartículas suspendidas en el agua. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Evaluación de la extracción de poli(3-hidroxibutirato) de células de *B. cepacia* B27 con solventes no-halogenados. Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional.
- Sistema de conformado de platos con materiales biodegradables. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Esperamos que las memorias fortalezcan el trabajo en red, con el fin de potenciar el desarrollo de los proyectos de investigación. Agradecemos a los participantes por su contribución con los trabajos, a SENNOVA por el financiamiento, a las entidades que se unieron para premiar los trabajos presentados, finalmente extendemos la invitación para el V Simposio de Materiales Poliméricos.

CAROLINA CAICEDO CANO
Investigadora ASTIN SENA Regional Valle
Coordinadora Simposio de Materiales Poliméricos



Polímeros Compuestos y Nanocompuestos



CONTENIDO

Un medio de reacción verde para la modificación de celulosa de residuos lignocelulósicos de la industria figuera.....	9
Omar Salinas, Ricardo Benítez, Jaime Martin	
Caracterización de membranas compuestas por nanofibras de acetato de celulosa preparadas por electrohilado para la retención de micropartículas suspendidas en el agua.....	13
Andrés Mauricio Ramírez Alba, Edwin Yesid Gómez-Pachon	
Uso de materiales compuestos de polímeros con fibras naturales NFC en Colombia: perspectivas y oportunidades.....	17
Julio A. Salgado Reyes, Fabián Rodrigo Velandia Herrera	
Aprovechamiento de residuos de cenizas como carga en materiales compuestos de matrices poliméricas reprocesada.....	21
Lina Marcela Crespo, Carolina Caicedo, Juan Camilo González	
Comportamiento ablativo de compuestos de matriz polimérica y su aplicación en el campo aeroespacial.....	23
Rafael Robayo-Salazar, Julian Portocarrero Hermann, Ubaldo Díaz Padrón, Oscar Patiño Castrillón	

Un medio de reacción verde para la modificación de celulosa de residuos lignocelulósicos de la industria fiquera

A green reaction medium for cellulose modification of lignocellulosic residues of the fiquera industry

Modalidad: Póster

Omar Salinas¹
Ricardo Benítez²
Jaime Martín³

¹ Universidad del Cauca, QPN, Sector Tulcán, Carrera 2 # 15 (esquina), Popayán, Colombia.
oasalinas@unicauca.edu.co

² Universidad del Cauca, QPN, Sector Tulcán, Carrera 2 # 15 (esquina), Popayán, Colombia.
rbenitez@unicauca.edu.co

³ Universidad del Cauca, QPN, Sector Tulcán, Carrera 2 # 15 (esquina), Popayán, Colombia.
jmartinf@unicauca.edu.co

Resumen

El polvillo de fique, residuo de la industria fiquera con alto contenido de celulosa, fue modificado mediante reacción de esterificación en *D*-limoneno. Se realizó un pretratamiento de la muestra con el fin de eliminar interferentes para luego ser llevado a reacción con ácido oxálico. El producto de reacción se filtró al vacío y lavó con solución acuosa: etanol (70:30) y se caracterizó mediante el uso de técnicas espectroscópicas (FTIR-ATR) y térmicas (TGA). Los resultados del análisis espectroscópico revelaron la presencia de nuevos grupos carbonílicos, indicando que la reacción de esterificación fue exitosa. El análisis térmico reveló un aumento en la estabilidad térmica del producto final. Se comprobó la modificación de la celulosa presente en los residuos de la industria fiquera.

Palabras clave: celulosa; esterificación; ácido oxálico; verde.

Introducción

El fique (*Furcraea* spp.) es una planta que produce una de las fibras vegetales más representativas de Colombia y América Tropical y ofrece infinidad de utilidades industriales y artesanales al mundo. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014). Las fibras producidas por esta planta se caracterizan por ser largas, duras y por poseer atributos importantes para la producción de cordeles, empaques, textiles, entre otros. A su vez, se combina con otras fibras naturales para diversificar la gama de productos. La fibra de fique no solo sirve para hacer empaques, también se utiliza en la fabricación de productos étnicos y artesanías colombianas. (López; Olmedo; Moreno; Castillo, 2017) Los residuos producidos por el descortezado, tales como el jugo de fique, las partículas del tejido parenquimatoso triturado y los fragmentos de las hojas y fibras son el principal problema en la industria fiquera debido al gran volumen de biomasa que representan.

En general, la composición de estos residuos agroindustriales contiene celulosa, la cual está entre 30 y 70%, hemicelulosa entre 10 y 30 % y lignina entre 5 y 20 %. (Suesca-Díaz, 2012). El alto contenido de celulosa en estos residuos los convierte en un recurso de alto potencial en la industria de polímeros. Los polímeros a base de celulosa han sido diseñados y ajustados para obtener ciertas propiedades deseadas. Esto se hace alterando la red de enlaces de hidrógeno inherente e introduciendo



diferentes sustituyentes. Existen innumerables aplicaciones para estos derivados de celulosa a nivel industrial, desde medicina, hasta papelería y textiles. (Granström, 2009)

De acuerdo a las estadísticas reportadas por el Anuario Estadístico de Colombia en 2011, la superficie cosechada, la producción y los rendimientos para los cultivos típicos en el departamento del Cauca son: para el cultivo de fique, 7.755 ha, 8.976 ton y 9.226 Kg/ha (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012). Lo anterior evidencia un volumen considerable de generación de residuos que pueden ser aprovechados. Estos residuos resultantes de la etapa del peinado de la fibra larga de fique en las rallanderías son desaprovechados en el departamento del Cauca y se convierten en inconvenientes para la sostenibilidad de las cadenas productivas de estos cultivos.

Actualmente, EMPAQUES DEL CAUCA S.A, una de las empresas dedicadas a la producción de fibra de fique en la ciudad de Popayán genera aproximadamente 16 toneladas de residuos de fique al mes. El presente trabajo busca explotar estos desechos agrícolas ricos en celulosa como una alternativa potencial para la producción de derivados de celulosa.

Materiales y Métodos

Materiales

Los sustratos hidróxido de sodio de Sigma Aldrich y ácido oxálico dihidratado de Fischer fueron obtenidos de grado analítico, el polvillo de fique fue suministrado por la empresa EMPAQUES DEL CAUCA S.A. y el D-Limoneno fue obtenido de tipo industrial del 95 % de pureza.

Pretratamiento de las fibras

100 g de polvillo de fique (PF) fueron lavados con agua destilada 5 veces y sumergido en esta durante dos días, posteriormente fue secado en horno a 80 °C durante 48 horas, el PF seco (PST) fue sumergido en solución de NaOH 2 mol/L durante cuatro días, luego fue lavado con agua destilada hasta pH neutro (6-7) y secado en horno a 80 °C durante 48 horas, finalmente fue triturado y tamizado en malla de 0,5 mm para obtener polvillo pretratado (PTA)

Modificación de la celulosa

La modificación de la celulosa presente en los residuos fue llevada a cabo con 0,5 g de PTA, 5 mL de D-Limoneno y ácido oxálico en proporciones de 1:3 con respecto a la masa de PTA, fueron llevados a reacción en balón de fondo plano acopalado a un sistema de reflujo a una temperatura de 160 °C, con agitación durante 2 horas utilizando magneto. Al terminar el tiempo de reacción la muestra fue filtrada al vacío, lavada con una mezcla de agua:etanol (70:30) múltiples veces hasta retirar el exceso de D-limoneno y ácido oxálico, finalmente fue secada a 80 °C durante 24 horas hasta obtener OXC.

Caracterización por espectroscopía FTIR-ATR

Los espectros infrarrojos fueron tomados para las muestras PST, PTA y OXC en un espectrofotómetro FTIR Thermo Scientific usando FTIR-ATR en el rango de 4000 a 600 cm^{-1} .

Caracterización por TGA

Las curvas de análisis termogravimétrico (TGA) y sus correspondientes derivadas (DTA) fueron tomadas para las muestras de PST, PTA y OXC en el equipo Q50 V20.10 Build 36 desde 0 °C hasta 600 °C en atmósfera de nitrógeno, empleando una rampa de 20 °C/ min.

Resultados y discusiones

En la Figura 1 se observa el espectro FTIR-ATR de PST (a) y PTA (b). La muestra de PST (a) muestra una señal correspondiente a la tensión C=O de ésteres a 1742 cm^{-1} y la respectiva tensión C-O de estos a 1242 cm^{-1} , indicando la presencia de grupos ésteres en PST por parte de las unidades de hemicelulosa. Al realizar el tratamiento alcalino, estas señales desaparecen debido a que este proceso remueve la hemicelulosa y otros interferentes presentes liberando la mayor cantidad de celulosa posible. La ausencia de señales de ésteres en el espectro IR indica la efectividad del tratamiento alcalino al remover grupos interferentes presentes en PST.

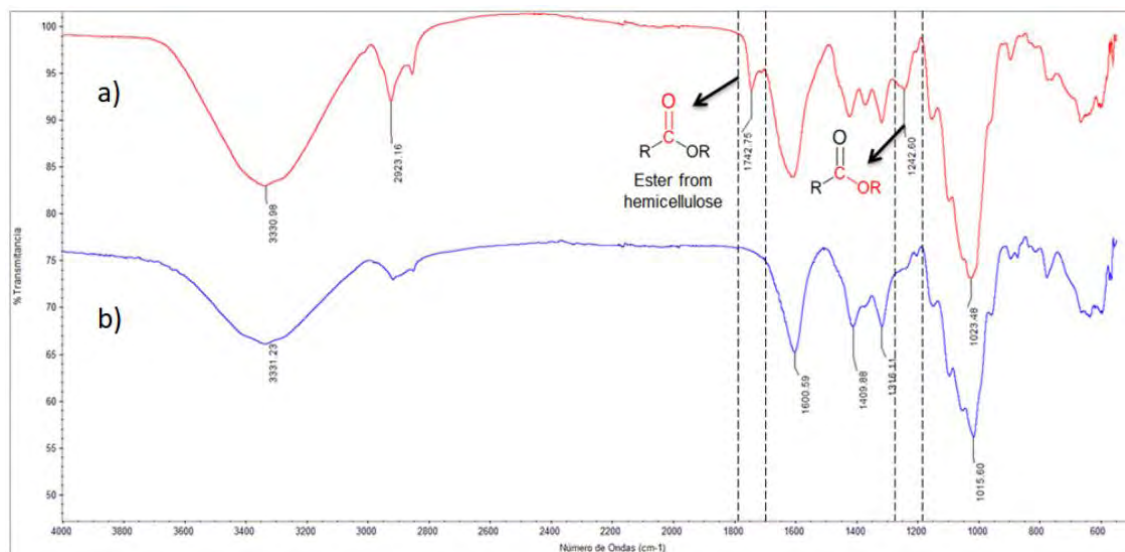


Figura 1. Espectros FTIR-ATR de PST (a) y PTA (b)
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 2 se observan los espectros obtenidos para OXC (a) y PTA (b). El espectro de OXC (a) muestra la aparición de señales características de ésteres a 1731 cm^{-1} correspondientes a la tensión C=O del grupo carbonilo, y a 1200 cm^{-1} correspondientes a la tensión C-O de ésteres, indicando que se produce la esterificación de los grupos OH de las unidades de glucosa presentes en la celulosa de PTA.

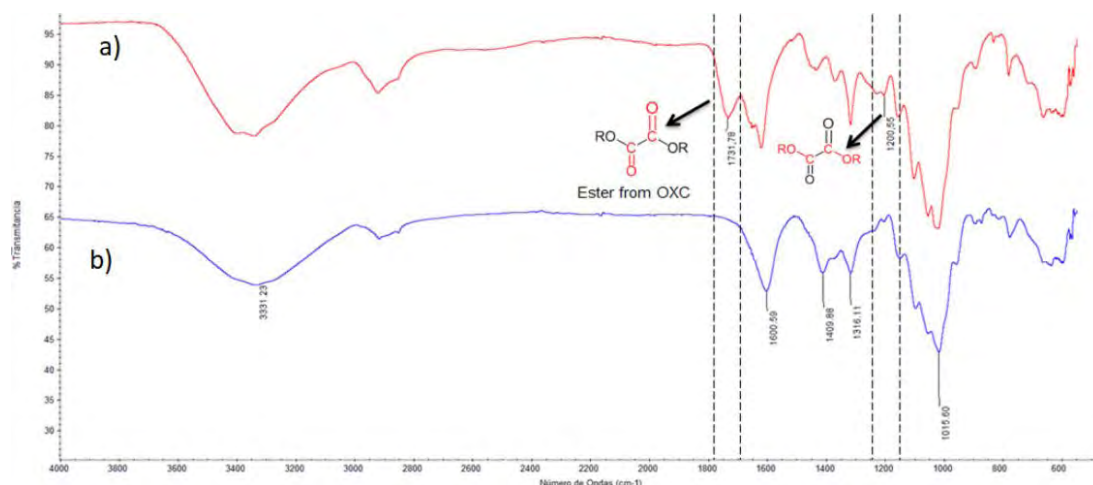


Figura 2. Espectros FTIR-ATR de OXC (a) y PTA (b)
Fuente: elaboración propia



Conclusiones

Este estudio desarrolló un método para obtener OXC a partir de residuos de la industria fiquera usando polvillo de fique y ácido oxálico en D-limoneno como medio de reacción. Los espectros FTIR-ATR comprobaron la presencia de señales de nuevos grupos carbonilo a 1731 cm^{-1} evidenciando la presencia de grupos ésteres.

Agradecimientos

Los autores agradecen al semillero de investigación de Química de Productos Naturales (QPN) de la Universidad del Cauca por el apoyo prestado para la realización de este trabajo.

Referencias

- Granström, Mari (2009). *Cellulose Derivatives: Synthesis, Properties and Applications* (Tesis de pregrado). University of Helsinki, Helsinki. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/14916693.pdf>
- López, Fanny; Olmedo, José; Moreno, Cristian; Castillo, Miguel (2017). *Viabilidad para producir y comercializar bolsas de fique para abastecer el mercado de los principales supermercados de cadena en Bogotá* (Tesis de especialización). Universidad católica de Colombia, Bogotá. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15471/1/Trabajo%20de%20Grado%20Grupo%20C1%20Grupo%203%20Bolsas%20de%20Fique.pdf>
- Ministeriodeagriculturaydesarrollorural(2012)*AnuarioEstadísticoAgropecuarioyPesquero.ResultadosyEvaluaciones Agropecuarias Municipales*. En: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11438/8507>
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural. (2014). *Ficha técnica cultivo de fique*. En: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Fique/Documentos/005%20-%20Documentos%20T%C3%A9cnicos/005%20-%20D.T%20-%20Ficha%20Técnica%20Cultivo%20de%20Fique.pdf>
- Suesca-Díaz, Adriana (2012). *Producción de enzimas celulolíticas a partir de cultivos de Trichoderma sp. con biomasa lignocelulósica* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7843/1/300054.2012.pdf>

Caracterización de membranas compuestas por nanofibras de acetato de celulosa preparadas por electrohilado para la retención de micropartículas suspendidas en el agua

Characterization of membranes composed of nanofibers of cellulose acetate prepared by electro-spinning for the retention of microparticles suspended in water

Modalidad: Póster

Andrés Mauricio Ramírez Alba¹
Edwin Yesid Gómez-Pachón¹

¹ Universidad Pedagógica Tecnológica de Colombia, Diseño innovación y asistencia técnica de materiales avanzados -DITMAV, Duitama, Colombia.
andres.ramirez01@uptc.edu.co

Resumen

El desarrollo de tecnologías para el tratamiento de agua es un tópico de interés internacional a causa del deterioro de este recurso. Este proyecto tuvo como objetivo preparar y evaluar membranas de nanofibras de acetato de celulosa, se utilizó una solución al 13 % en acetona y etanol, en proporción 2:1 sometida a electrohilado, y se estudió la viabilidad técnica del material para desarrollo de filtros de agua con alta eficiencia, esto se evaluó mediante cuantificación de las propiedades funcionales tales como la porosidad con el ensayo de punto de burbujeo, el caudal máximo de funcionamiento con la prueba de fisuramiento, la capacidad de adhesión de micropartículas. Las membranas desarrolladas tienen una alta aplicabilidad en la filtración de agua.

Palabras claves: acetato de celulosa, electrohilado, filtración, nanofibras.

Introducción

El electrohilado es un método que emplea una solución polimérica ionizable sometida a un campo eléctrico, el resultado de este proceso son membranas con micro y nanofibras (Rúa-Jiménez; Villate-Lagos; Gómez-Pachón; Torres-Perez; Muñoz Prieto, 2017) con una serie de propiedades singulares tales como alta resistencia, buena porosidad y gran área superficial, características que se logran debido a que los diámetros de las fibras se encuentran por debajo de una micra, propiciando el uso de estos materiales en aplicaciones avanzadas como ingeniería de tejidos, textiles, medios de filtración, membranas especiales, además de diferentes usos médicos (Konwarh-Rocktotpal; Karak-Niranjan; Misra-Manjusri, 2013).

Actualmente el uso de biomateriales en aplicaciones avanzadas está en crecimiento, es por esto que se vienen desarrollando estudios donde se preparan estas membranas con polímeros naturales como el almidón de papa (Cárdenas; Gómez-Pachón; Muñoz; Vera-Graziano, 2016), acetato de celulosa (Ochica *et al.*, 2017), entre otros, donde se evidencian las excelentes propiedades que poseen estos materiales cuando son obtenidos por electrohilado, sin embargo, estos estudios se basan en la obtención y caracterización del material, haciendo evidente la necesidad de evaluar estos materiales en torno a

una aplicación específica.

El acetato de celulosa es un material de amplio espectro de aplicación ya que posee excelentes propiedades fisicoquímicas, además se aventaja respecto a otros materiales debido a que es un polímero de origen vegetal de fácil acceso mediante la transformación de residuos agroindustriales. Las nanofibras de acetato de celulosa han presentado excelentes propiedades, sin embargo, los estudios se centran en la obtención y caracterización del material (Ochica *et al.*, 2017).

Aplicando los avances en estos materiales se pretende dar respuesta a problemas sociales y ambientales como la calidad de agua, que aqueja atención por parte de comunidad científica internacional. Debido a esto se establece investigar las membranas de nanofibras de acetato de celulosa como objeto de estudio para abordar los retos científicos que sugiere la filtración de agua.

El objetivo de este estudio fue determinar algunas propiedades funcionales de las membranas de nanofibras preparadas con acetato de celulosa para su potencial aplicación en filtros de agua, así mismo, evaluar la viabilidad de éstas en el diseño de sistemas de filtración de agua.

Materiales y Métodos

En la preparación de la solución se utilizó acetato de celulosa (CA) Sigma-Aldrich al 39,8 % acetilo, acetona (Ac) Panreac al 93,5 % y etanol (EtOH) Sigma-Aldrich al 99,8 %. La solución de acetato de celulosa al 13 % disuelto en acetona y etanol en proporción 2:1 fue aplicada en el equipo de electrohilado diseñado en la UPTC (Rúa-Jiménez, 2017), con parámetros de distancia 17 cm y voltaje 19 kW. Se determinaron las propiedades morfológicas y metrológicas de las fibras por medio de microscopía de barrido electrónico SEM, (ZEISS EVO 10). Se midió la porosidad mediante el método de punto de burbujeo descrito en el método ASTM F316 donde se utiliza medida de presión de aire requerida para desplazar burbujas a través de la membrana humectada para calcular la porosidad. Además, se hizo una prueba de fisuramiento, método descrito en “La guía manual de filtración por membrana” (US EPA, 2005), donde se somete la membrana a un volumen de fluido (agua) con flujo controlado por unidad de tiempo.

Resultados y discusiones

Las micrografías SEM evidencian que las fibras obtenidas presentaron regularidad además no poseen fisuras ni bulbos significativos en su estructura, se encontró que el diámetro promedio de las fibras es de 627,15 nm con una variación estándar $\pm 121,3$ (ver Figura 1).

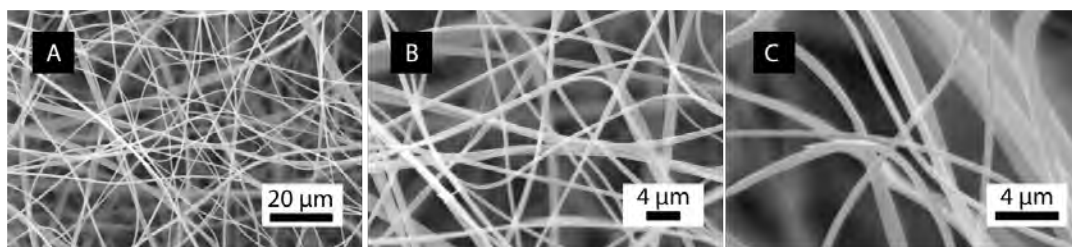


Figura 1. Micrografías SEM de membranas con nanofibras de acetato de celulosa a diferentes aumentos a fibra. Muestra 1 a 2000 aumentos (A), Muestra 2 a 5000 aumentos (B), Muestra 3 a 10000 aumentos (C).

Fuente: elaboración propia.

El cálculo de la porosidad mediante el método de punto de burbujeo, se define mediante la ecuación $d=C\gamma/p$, donde d es el diámetro del poro en μm , γ es la tensión superficial en N/m , (dinas/cm), p es la tensión superficial del fluido con la que se hace la prueba y C es la constante que equivale a 0,415 cuando p está en psi. En la Tabla 1 se encuentran los resultados del ensayo a 5 muestras con su cálculo respectivo de diámetro de poro.

Tabla 1.
Resultados de porosidad en prueba de punto de burbujeo.

Muestra	1	2	3	4	5
Presión	5,5 psi	4 psi	4,5 psi	5 psi	6 psi
Tamaño de poro	5,4 μm	7,5 μm	6,7 μm	6,0 μm	5,0 μm

Fuente: elaboración propia.

La prueba de fisuramiento determinó que el caudal máximo que resiste un área de 78,5 mm² de la membrana a la inyección de 10 mL de agua, se realizaron pruebas a 50 mL/h, 100 mL/h, 200 mL/h, 250 mL/h y 300 mL/h, encontrando el fisuramiento superficial de la membrana sometida a 300 mL/h.

Conclusiones

Para el diseño de los sistemas de filtración se consideran los materiales que satisfagan requerimientos indispensables para el buen funcionamiento de los mismos, para utilizar las membranas compuestas por nanofibras de acetato de celulosa es esencial conocer los límites de funcionamiento y resistencia que poseen, con base a la información y datos obtenidos en este estudio.

La configuración óptima del equipo de electrohilado para la obtención de membranas con diámetros de 627 nm en promedio, son: 15 cm de distancia capilar-colector con un voltaje de 19 kW y una velocidad de inyección de 0,3 mL/h.

La medida de porosidad que arrojó los resultados de la prueba de punto burbujeo, tiene diámetros de poro entre 5 y 7.5 μm , indicando así que la aplicación en microfiltración de estas membranas es factible.

Se logró demostrar que la morfología de fibras puede lograr atrapar las partículas que están presentes en el agua de consumo por lo que se puede inferir que tienen potencial de aplicación en tecnologías de filtración de agua.

Agradecimientos

Se hace un agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-UPTC por la financiación del proyecto SGI 2439. Se agradece al Instituto para la Investigación e Innovación en Ciencia y Tecnología de Materiales-INCITEMA por su apoyo en la realización de pruebas.

Referencias

- Cárdenas, W.; Gómez-Pachon, E. Y.; Muñoz, E.; Vera-Graziano, R. (2016). Preparation of potato starch microfibers obtained by electro wet spinning. In *II International Congress of Mechanical Engineering and Agricultural Science (CIIMCA 2015)*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 138(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/138/1/012001>
- Konwarh, Rocktotpal; Karak, Niranjana; Misra, Manjusri (2013). Electrospun cellulose acetate nanofibers: the present status and gamut of biotechnological applications. *Biotechnology advances*, 31(4), 421-437. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.01.002>



- Ochica, Andrés; Muñoz-Prieto, Efrén; Vera-Graziano, Ricardo; Gómez-Pachón, Edwin; Cerda, Alfredo; Rivera-Torres, Filiberto (2017). Obtention of Cellulose Acetate Nanofibers from Sugar Cane Bagasse. *Ciencia en Desarrollo*, 8(2), 69-77.
<https://doi.org/10.19053/01217488.v8.n2.2017.4674>
- Rúa-Jiménez, S. L.; Villate-Lagos, J. D.; Gómez-Pachón, E. Y.; Torres-Perez, Y.; Muñoz Prieto, E. (2017). Development of an Equipment to Prepare Nanofibers for Tissue Engineering Since a Standpoint of the Industrial Design. In *VII Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2016*, Bucaramanga, Santander, Colombia, October 26th-28th, 2016 (pp. 365-368). Springer, Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-10-4086-3_92
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2005). Membrane filtration guidance manual. Recuperado de
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/901V0500.PDF?Dockkey=901V0500.PDF>

Uso de materiales compuestos de polímeros con fibras naturales NFC en Colombia: perspectivas y oportunidades

Use of polymer composite materials with natural NFC fibers in Colombia: perspectives and opportunities

Modalidad: Póster

Julio A. Salgado Reyes¹
Fabián Rodrigo Velandia Herrera²

¹ Profesor Departamento Ingeniería Mecánica, Universidad ECCI, Bogotá Colombia.
jsalgador@ecci.edu.co

² Magíster en Ingeniería Mecánica, U. de los Andes, Bogotá Colombia.
fabianrvelandiah@yahoo.com

Resumen

Los compuestos de polímeros y fibras naturales son materiales de reciente desarrollo y que están empezando a abrirse mercado en la construcción en Colombia. Los perfiles de WPC para decks son la aplicación que está abriendo camino, pero existen oportunidades para abrir una industria utilizando varias fibras naturales disponibles o que podrían cultivarse en Colombia

Palabras clave: fibras naturales, materiales compuestos, polímeros, WPC.

Introducción

Los materiales compuestos combinan las mejores propiedades de materiales diferentes. Los compuestos de polímeros con fibras naturales combinan la procesabilidad, bajo costo y resistencia a corrosión de los polímeros con la baja densidad, rigidez y valor ecológico de las fibras naturales. La fabricación y utilización de estos materiales no es sencilla, debido a los costos relativamente altos de la tecnología requerida para procesarlos, pero son cada vez más comunes en el mercado colombiano. En virtud de que utilizan productos o subproductos agrícolas disponibles en Colombia es una gran oportunidad desarrollar tecnologías que permitan el uso de estos nuevos materiales.

Oportunidad en el mercado colombiano

Los materiales compuestos han tenido un gran desarrollo a nivel mundial, especialmente en el campo de la construcción, por sus ventajas inherentes de bajo peso, versatilidad para producir piezas con formas complejas y especialmente resistencia a la corrosión. Los compuestos más tradicionales son reforzados con fibras de vidrio y utilizando resinas termoestables, aunque los termoplásticos como PP y PEAD son cada vez más comunes (Stewart, 2010). El mercado de construcción en Colombia aún es dominado por los materiales tradicionales como concreto, gres y acero, a pesar de los requerimientos de bajo peso, costo y resistencia a la corrosión necesarios en muchas zonas rurales y urbanas.

Los compuestos de más reciente desarrollo son los compuestos de polímeros reforzados con fibras naturales, impulsados por la necesidad de utilizar fuentes renovables y disminuir consumos de energía en la producción, haciendo más sostenibles los materiales. Se han utilizado en aplicaciones automotrices para tableros interiores, por su bajo peso y

su absorción acústica; y en aplicaciones de construcción mediante tablonos para pisos de exteriores, como decks, donde el compuesto fabricado generalmente con aserrín pulverizado y polietileno de alta densidad, puede soportar la intemperie y reemplazar a la madera (Spear; Eder; Carus, 2015).

Este tipo de compuestos son conocidos comercialmente como *Wood Plastic Composites* o WPC, y su mercado está en crecimiento en todo el mundo, especialmente en países desarrollados como son Estados Unidos, Alemania, Francia y España, debido principalmente a las ventajas de su uso respecto a la madera al requerir menos mantenimiento, no utilizar químicos para su inmunización, su equivalente función estética y por su valor medioambiental al promover el uso del reciclaje del plástico y otros productos de desecho de otras industrias. Existe una tendencia marcada mundialmente encaminada a la reducción de la tala de madera, lo cual promueve la solución con maderas hechas con material compuesto polimérico.

El uso de materiales Compuestos con Fibras Naturales (NFC - *Natural Fiber Composites*) en Colombia es muy incipiente, Su mayor utilización es en pisos deck (ver Figura 1) para uso exterior, con perfiles de WPC que utilizan específicamente como madera pulverizada o cascarilla de café. Este mercado de pisos deck en material polimérico ha tenido un crecimiento estimado en un promedio del 10 % anual desde el 2012 hasta el día de hoy. Es un mercado relativamente joven en Colombia, ya que aún no es común en la arquitectura nacional el uso de terrazas exteriores, y del cual existe sólo un productor en el país que sule cerca del 25 % del requerimiento nacional. El resto es suplido por producto importado principalmente de origen chino, con una presencia menor en el mercado productos de origen europeo y estadounidense, debido especialmente a su elevado costo. Este tipo de perfiles tiene un costo similar al de perfiles de madera para exteriores, pero la reducción en el costo de mantenimiento lo hace rentable a largo plazo.



Figura 1. Perfil para piso deck en WPC
Fuente: elaboración propia

Se puede ver en la Figura 2 las diferentes aplicaciones en que se está utilizando compuesto WPC en Europa en el año 2012, siendo la principal en pisos y otros perfiles de construcción, sin embargo resaltan otros usos como son: partes interiores de carros o aplicaciones de cercado y revestimientos exteriores. Se prevén importantes crecimientos de la demanda para este mercado para 2020 y en adelante, no sólo en Europa sino en todo el mundo, debido a las ventajas ofrecidas por el material en todas las aplicaciones en que se utiliza. En Colombia, actualmente la mayor aplicación de este tipo de material es en pisos deck, seguido de muros y paredes para algunas aplicaciones de viviendas de interés social hechas en este material.

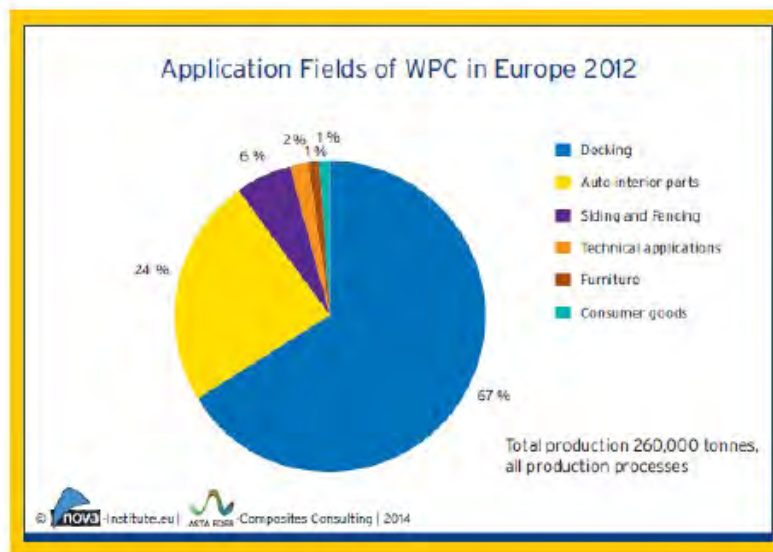


Figura 2. Aplicaciones de compuestos WPC en Europa.
Fuente: Carus et al., (2012).

La producción de este tipo de materiales tiene barreras complejas debido a las grandes inversiones necesarias para adquirir líneas de extrusión convencionales y adaptarlas para extrudir este tipo de perfiles. Esta inversión puede ser del orden de USD 1'000.000 según cotizaciones realizadas por los autores en 2019, teniendo una capacidad de producción demasiado alta para lo que se podría vender en un principio en el mercado nacional, haciendo muy riesgosa la inversión.

Adicional a lo anterior, el sector está altamente ligado al comportamiento de la industria de la construcción en Colombia. Según Procolombia (Procolombia, 2019) en los próximos 5 años el sector de la construcción crecerá a un promedio de 5 %, 4 % según (Rodríguez-Flórez (2019), ubicándose como uno de los sectores que conducirán el crecimiento del país.

Nuevas posibilidades

Las aplicaciones actuales más comunes utilizan las fibras naturales en forma pulverizada ya que permite la utilización de equipos de procesamiento comunes. Sin embargo, las propiedades mecánicas de las fibras naturales harían posible su utilización en otras aplicaciones donde podrían competir con fibras como las de vidrio o carbón por su menor costo relativo, baja densidad y menor huella de carbono. Esto requeriría el desarrollo de nuevos procesos de producción (ver Tabla 1).

Tabla 1.
Propiedades mecánicas de algunas fibras naturales.

Fibra	Densidad [g/cm ³]	Resistencia a tensión [MPa]	Módulo de Young [GPa]	Deformación a rotura [%]
Cáñamo	1,48	350-800	30-60	1,6-4,0
Bambú o Guadua	1,4	500-740	30-50	~2
Coco	1,2	150-180	4-6	20-40
Fique	1,04	320	8-14	4
Vidrio	2,5	1200-1800	72	~2,5

Fuente: Van-Vure (2008); Velandia (2008).

Colombia por ser un país con vocación agrícola podría desarrollar esta industria para aprovechar su clima, ubicación y abrir un mercado nuevo a productos tradicionales que están quedando relegados, como la guadua y el fique. Para ello es necesario desarrollar los productos intermedios que faciliten la implementación de estas tecnologías. Estos productos

intermedios, como “mats” en fibras naturales o tejidos “uni” o bidireccionales de fibras naturales facilitarían el crecimiento de la industria de compuestos, dado que el principal inconveniente que se encuentra para implementar estos nuevos materiales es la disponibilidad y los costos accesibles (ver Figura 3) (Midani, 2019).

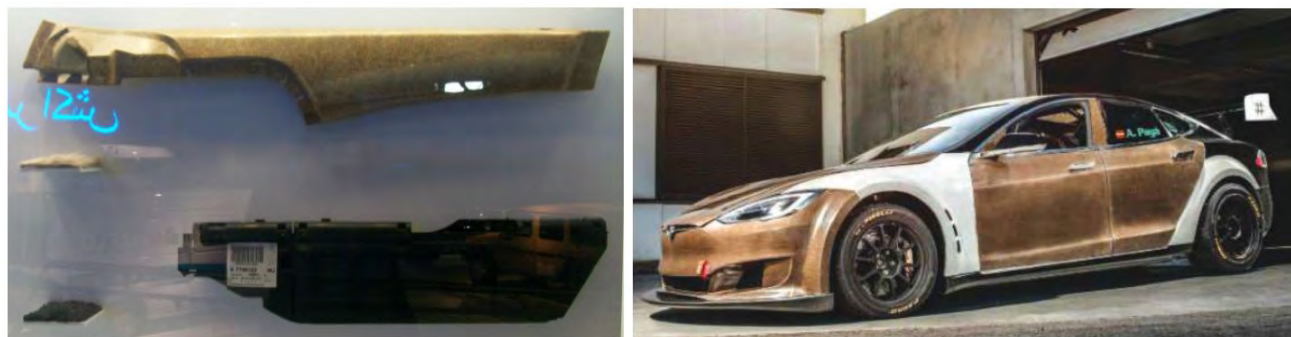


Figura 3. Partes automotrices fabricadas en compuesto polímero y fibras de coco (Izq).
Carrocería prototipo en fibras de cáñamo en vehículo Tesla (Der)
Fuente: Midani (2019).

Conclusiones

Los productos en WPC tienen potencial en el mercado colombiano, ya que existe disponibilidad de materiales y un mercado de construcción en el que podrían aplicarse. Para generar otros mercados se requiere desarrollar procesos que tomen los productos agrícolas como guadua o fique y lo conviertan en un producto intermedio, de manera similar a como se encuentran los “mats” o telas de fibras de vidrio o carbón que son comerciales actualmente.

Referencias

- Carus, M.; Eder, A.; Dammer, L.; Korte, H.; Scholz, L.; Essel, R.; Breitmayer, E. (2012). *WPC and NFC: European and Global Markets 2012 and Future Trends*. Recuperado de www.bio-based.edu/markets
- Midani, Mohamad (2019). Natural fiber composites: What's holding them back? *Composites World*, 6-8. Recuperado de <https://www.compositesworld.com/blog/post/natural-fiber-composites-whats-holding-them-back>
- Spear, M. J.; Eder, A.; Carus, M. (2015). Wood Polymer Composites. En Ansell, Martin (Ed.). *Wood Composites* (195-249) Elsevier.
- Procolombia. (Julio de 2019). *El mundo invierte en Colombia. Inversión en materiales de construcción*. Recuperado de <https://www.inviertaencolombia.com.co/como-invertir-test/33-sectores/manufacturas/materiales-de-construccion/400-descripcion-del-sector.html>
- Rodríguez-Flórez, César (8 de enero de 2019). *La república: Sector constructor repuntará en 2019 con más inversión y generación de empleo*. Recuperado de <https://www.larepublica.co/empresas/construccion-repuntara-en-2019-en-cuanto-a-inversion-y-generacion-de-empleo-2812447>
- Van Vuure, Aart (2008). *Natural Fiber Composites: Recent developments*. Recuperado de http://www.i-sup2008.org/presentations/conference_1/vanvuure_aw.pdf
- Velandia, Fabián (2008). *Estimación de módulo de elasticidad en materiales compuestos de matriz polimérica y fibras naturales cortas* (Tesis de grado). Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

Aprovechamiento de residuos de cenizas como carga en materiales compuestos de matrices poliméricas reprocesadas

Use of ash residues as a load in materials composed of reprocessed polymer matrices

Modalidad: Póster

Lina Marcela Crespo¹
Carolina Caicedo²
Juan Camilo González³

¹ Grupo de investigación en desarrollo de materiales y productos, Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria (ASTIN-SENA), Cali, Colombia. Email: lmcrespo3@misena.edu.co

² Grupo de investigación en desarrollo de materiales y productos, Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria (ASTIN-SENA), Cali, Colombia. Email: carolina.caicedo@gmail.com

³ Centro Asistencia Técnica a la Industria (ASTIN), SENA. Calle 52 Bis -15, Complejo Salomia, Cali, Valle del Cauca, Colombia. Email: jcgonzalez860@misena.edu.co

La mayoría de los estudios sobre la modificación de polímeros semicristalinos con partículas rígidas indican una pérdida significativa de tenacidad en comparación con el polímero puro (Eftekhar; Fatemi, 2016). Las partículas rígidas deben despegarse y crear un volumen libre en la mezcla en un nivel de tamaño submicrónico, el cual se explica con el mecanismo de cavitación en los sistemas de caucho endurecido (Tang *et al.*, 2013). A través del tiempo, las cargas más utilizadas en polipropileno han sido el carbonato de calcio y el talco (Caicedo; Vázquez-Arce; Ossa; De La Cruz; Maciel-Cerda, 2018), sin embargo, en la actualidad se continúan estudiando alternativas para el aprovechamiento de cargas inorgánicas procedentes de la degradación fisicoquímica, térmica o biológica de residuos agrícolas como es el caso de las cenizas (Pongdong; Kummerlöwe; Vennemann; Thitithammawong; Nakason, 2016). La cascarilla de arroz es uno de los principales productos de residuo agrícola, según los datos estadísticos de la FAO, la producción mundial de arroz fue de aproximadamente 756,7 millones de toneladas en 2017 (FAO, 2018), así mismo, en Colombia el DANE reportó una producción de 989.959 toneladas para el primer semestre de 2017. Por lo anterior, la cascarilla de arroz es un subproducto de gran interés para los investigadores y productores debido al reto que se tiene por ofrecer materiales que generen valor agregado a este residuo.

En la literatura se reporta una serie de estudios sobre compuestos de polímero y cascarilla de arroz (Rozman; Yeo; Tay; Abubakar, 2003), uno de los rellenos favoritos después del aceite de palma y el caucho, así como; el producto de la incineración: la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) compuesta principalmente por sílice entre 87-97 % (Premalal; Ismail; Baharin, 2003). Algunos resultados obtenidos muestran incremento del 18 % en resistencia mecánica y alargamiento a rotura de compuestos de polietileno de alta densidad (HDPE) con CCA incorporada en 1,5 % en peso en presencia de anhídrido maléico como agente de acoplamiento (Batteggazzore; Bocchini; Alongi; Frache, 2014). En otra investigación, se obtuvo mejora del módulo de tensión en compuestos de ceniza de cascarilla de arroz blanco (CCAB) con polipropileno (PP)/caucho natural, sin embargo, la resistencia a la tensión, el alargamiento a la rotura disminuyeron al aumentar la carga de CCAB, mientras que la incorporación del agente de acoplamiento (silano, 3-aminopropil trietoxisilano), redujo la cantidad de agua absorbida por el material compuesto (Batteggazzore; Bocchini; Alongi; Frache, 2014). De esta forma, el ciclo de vida de un producto depende en gran medida de su reutilización y facilidad de reciclaje. En este trabajo se presenta el desarrollo de materiales compuestos de polipropileno reprocesados con cenizas de cascarilla de



arroz (RHA) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (SBA) a través de los procesos de coextrusión e inyección. La matriz polimérica fue reprocesada hasta seis generaciones por la técnica de inyección. El PP reprocesado se mezcló en proporciones 80:20 con respecto a la carga mineral, usando anhídrido maleico como agente de acoplante en una co-extrusora doble husillo. Se analizó la nueva serie de materiales compuestos térmica, mecánica, reológica y morfológicamente. La incorporación de cenizas en la matriz de PP logró características de resistencia a la tracción mejorada, conservando las propiedades térmicas. Por este motivo, este trabajo presenta una alternativa para la fabricación de materiales compuestos a partir de residuos post-industriales (Crespo; Caicedo, 2019).

Bibliografía

- Eftekhari, M.; Fatemi, A. (2016). Creep-fatigue interaction and thermo-mechanical fatigue behaviors of thermoplastics and their composites. *International Journal of Fatigue*, 91, 136-148.
- Tang, L. C.; Wang, X.; Wan, Y. J.; Wu, L. B.; Jiang, J. X.; Lai, G. Q. (2013). Mechanical properties and fracture behaviors of epoxy composites with multi-scale rubber particles. *Materials Chemistry and Physics*, 141(1), 333-342.
- Caicedo, C.; Vázquez-Arce, A.; Ossa, O. H.; De La Cruz, H.; Maciel-Cerda, A. (2018). Physicomechanical behavior of composites of polypropylene, and mineral fillers with different process cycles. *Dyna*, 85(207), 260-268.
- Pongdong, W.; Kummerlöwe, C.; Vennemann, N.; Thitithammawong, A.; Nakason, C. (2016). A comparative study of rice husk ash and siliceous earth as reinforcing fillers in epoxidized natural rubber composites. *Polymer Composites*, 39(2), 414-426.
- FAO(27deabrilde2018).ComercioymercadosSeguimientodelMercadodelArrozde laFAO(SMA).Recuperadode <http://www.fao.org/economic/est/publications/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>
- Rozman, H. D.; Yeo, Y. S.; Tay, G. S.; Abubakar, A. (2003). The mechanical and physical properties of polyurethane composites based on rice husk and polyethylene glycol. *Polymer Testing*, 22(6), 617-623.
- Premalal, H. G.; Ismail, H.; Baharin, A. (2003). Effect of Processing Time on the Tensile, Morphological, and Thermal Properties of Rice Husk Powder-Filled Polypropylene Composites. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 42(5), 827-851.
- Battegazzore, D.; Bocchini, S.; Alongi, J.; Frache, A. (2014). Rice husk as bio-source of silica: preparation and characterization of PLA-silica bio-composites. *RSC Advances*, 4(97), 54703-54712.
- Pongdong, W.; Kummerlöwe, C.; Vennemann, N.; Thitithammawong, A.; Nakason, C. (2016). Property correlations for dynamically cured rice husk ash filled epoxidized natural rubber/thermoplastic polyurethane blends: Influences of RHA loading. *Polymer Testing*, 53, 245-256.
- Crespo, L. M.; Caicedo, C. (2019). Application of ashes as filling in reprocessed polypropylene: thermomechanical properties of composites. *Polímeros*, 29(1).

Comportamiento ablativo de compuestos de matriz polimérica y su aplicación en el campo aeroespacial

Ablative behavior of polymer matrix compounds and their application in the aerospace field

Modalidad: Comunicación oral

Rafael Robayo-Salazar¹
Julian Portocarrero Hermann¹
Ubaldo Díaz Padrón¹
Oscar Patiño Castrillón¹

¹ Fuerza Aérea Colombiana, Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez" (EMAVI), Programa de Ingeniería Mecánica, Grupo de Investigación en Estudios Aeroespaciales (GIEA), Cl. 54 #8b-16, Cali, Colombia. * autor de correspondencia: rarobayos@emavirtual.edu.co

Resumen

Los materiales ablativos son la base de los sistemas de protección térmica comúnmente utilizados en el campo aeroespacial. Dentro de este grupo, los compuestos de matriz polimérica se destacan por su baja densidad y su desempeño a elevadas temperaturas está determinado por los tipos de refuerzos incorporados en la matriz; la cual por lo general corresponde a resinas de tipo fenólico, epóxico o poliéster. Esta investigación describe el comportamiento ablativo (1600-2000 °C) de compuestos basados en resina poliéster (30 %) reforzada con sub-productos industriales finamente molidos (*fillers*) (escoria siderúrgica, escoria de fundición, escoria de aluminio y residuo cerámico) (67 %) y fibras cortas de vidrio (3 %). Los resultados obtenidos demostraron la posibilidad de obtener compuestos ablativos a partir de materiales de fácil adquisición útiles para la fabricación de componentes de propulsión de interés para la industria aeroespacial nacional.

Palabras clave: compuestos ablativos, sistemas de protección térmica, sub-productos industriales, resina poliéster, fibra de vidrio.

Introducción

Los materiales ablativos y sistemas de protección térmica juegan un papel determinante en el desarrollo de la industria aeroespacial, especialmente en el campo de la cohetaría. El motor cohete, compuesto por la cámara de combustión, propulsores y/o boquillas, debe diseñarse para soportar temperaturas de operación superiores a los 1600-2000 °C en un ambiente ablativo severo. Normalmente, el motor cohete es fabricado por mecanizado de aleaciones de acero, aluminio o titanio y recubierto internamente con sistemas de protección térmica, dentro de los cuales se destacan los metales de alto punto de fusión (tungsteno, renio y molibdeno) y compuestos cerámicos refractarios (carburos de silicio (SiC), circonio (ZrC), boro (B₄C) o hafnio (HfC)) (Natali; Kenny; Torre, 2016). La desventaja de estos materiales es su difícil adquisición y costo elevado, lo que dificulta el desarrollo del campo de la cohetaría y su aplicación en países como Colombia, siendo la búsqueda de materiales alternativos con mayor relación desempeño/densidad una de las prioridades para este sector. Dentro de las alternativas se destacan los materiales compuestos ablativos de matriz polimérica (CAMP), en gran parte debido a su versatilidad, bajo costo y la posibilidad de reducir el peso de estos componentes (Astola; Rodríguez; Botana; González-Rovira, 2017; Pulci *et al.*, 2018). Esta investigación se enfoca en el desarrollo y caracterización de CAMP basados en una matriz de resina poliéster (30 %) reforzada con materiales particulados (*fillers*: escoria siderúrgica, escoria de fundición, escoria de aluminio y residuo cerámico) (67 %) y fibras cortas de vidrio (3 %), destacando que los *fillers* corresponden a residuos o sub-productos industriales, para su aplicación potencial en la fabricación de componentes de propulsión.



Materiales y Métodos

Los CAMP se fabricaron a partir de la mezcla de 30 % resina poliéster comercial (in-saturada y pre-acelerada), 67 % material particulado (*fillers* $\approx 75\mu\text{m}$) y 3 % fibra corta de vidrio (4 mm). La dosificación de los *fillers* se realizó con base a un diseño de mezclas de vértices extremos de 4 componentes (escoria siderúrgica (ES); escoria de aluminio (EA); escoria de fundición (EF); y residuo cerámico (RC)) y 9 puntos de interacción aleatorizados (ver Tabla 1). Los compuestos fueron mezclados, moldeados en placas de 19,5 x 13,5 x 0,5 cm (largo, ancho y espesor) y curados a 60 °C durante 6 horas. Las placas fueron sometidas a un ensayo ablativo siguiendo las especificaciones de la norma ASTM E285 (llama directa; 1600-2000 °C durante ~120 s) (ASTM International, 2015) utilizando un soplete (antorcha) de gas propileno-propano MAP-PRO Worthington. La temperatura de la cara opuesta a la llama fue medida adhiriendo un termopar a su superficie. La inspección de la zona térmicamente afectada y la evaluación del nivel de degradación del compuesto optimo se realizó por medio un microscopio electrónico de barrido (MEB) JEOL JSM-6490LV. Con base en los resultados obtenidos se eligió el CAMP óptimo para la fabricación del motor de propulsión de un cohete de sondeo (tipo sonda), el cual fue sometido a una prueba de combustión real utilizando un propelente solido tipo Candy KNSU. Durante la prueba se realizó un seguimiento termográfico del motor-cohete utilizando una cámara FLIR T540 para validar el desempeño térmico del material.

Tabla 1.

Composición de los compuestos ablativos de matriz polimérica (fracción en peso de cada material)

Compuesto	Resina	Fillers				Fibra de vidrio
		ES	EA	EF	RC	
1	0,30	0,000	0,000	0,000	0,670	0,03
2	0,30	0,670	0,000	0,000	0,000	0,03
3	0,30	0,000	0,670	0,000	0,000	0,03
4	0,30	0,000	0,000	0,670	0,000	0,03
5	0,30	0,168	0,168	0,168	0,168	0,03
6	0,30	0,084	0,084	0,084	0,419	0,03
7	0,30	0,419	0,084	0,084	0,084	0,03
8	0,30	0,084	0,419	0,084	0,084	0,03
9	0,30	0,084	0,084	0,419	0,084	0,03

Fuente: elaboración propia.

Resultados y discusiones

La Figura 1 muestra la temperatura registrada en la cara opuesta a la incidencia de la llama durante el ensayo de ablación térmica. Teniendo en cuenta que la temperatura de la llama es de 1600-2000 °C, los CAMP presentaron un nivel de aislamiento superior al 65 %. Entre estos se destaca el desempeño reportado por los CAMP 1, 2 y 5, los cuales reportaron temperaturas en la cara opuesta inferiores a los 250 °C durante los 120 segundos de ensayo. Para el caso del CAMP 2 esta temperatura no superó los 150 °C, siendo el mejor desempeño entre los compuestos desarrollados. El rango de temperaturas de la llama incidente simula la condición térmica de operación al interior del motor de propulsión de un cohete de sondeo (tipo sonda). Sin embargo, el procedimiento llevado a cabo se considera más severo, dado que la incidencia de la llama durante el ensayo ablativo es frontal o perpendicular a la placa, a diferencia de la incidencia tangencial que ocurre al interior de un motor-cohete.

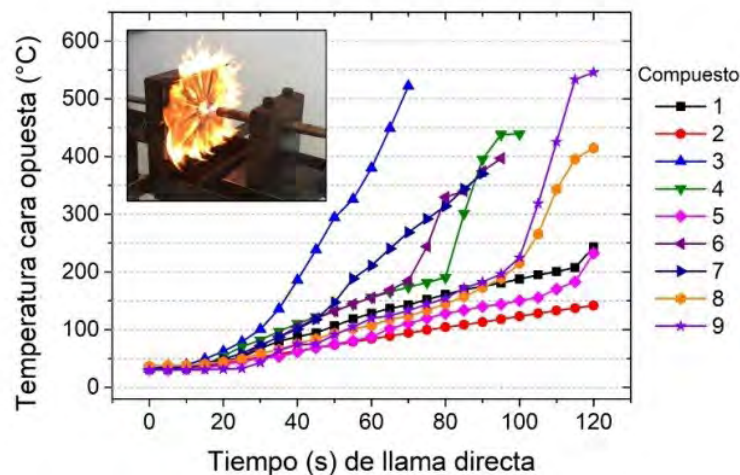


Figura 1. Curva de temperatura en la cara opuesta vs. tiempo de ensayo ablativo
Fuente: elaboración propia.

La Figura 2 presenta la observación microscópica realizada a la zona afectada por el calor en el CAMP 2 (óptimo), en donde se resalta la formación de una capa carbonizada en la superficie y la importancia de la fibra de vidrio en el control de agrietamiento del compuesto. En efecto, cuando los CAMP son expuestos a temperaturas por encima del límite de degradación térmica de la matriz (resina), su estructura experimenta un fenómeno de pirólisis y se produce una capa carbonizada; al respecto, esta capa es considerada un material de alto desempeño ablativo (Natali *et al.*, 2016; Rallini; Natali; Torre, 2019). Junto con la fibra de vidrio, esta capa carbonizada retiene los *fillers* incorporados y el proceso de ablación se lleva a cabo de manera efectiva, ya que el sistema continua absorbiendo calor endotérmicamente (Pulci *et al.*, 2018). Aun considerando las propiedades ablativas de esta capa, el residuo carbonizado puede erosionarse o sufrir delaminación a tiempos de exposición prolongados, afectando el desempeño y rendimiento ablativo del material. Por esta razón es indispensable reforzar el compuesto con fibras cortas, cuyo efecto se puede corroborar en la Figura 2.

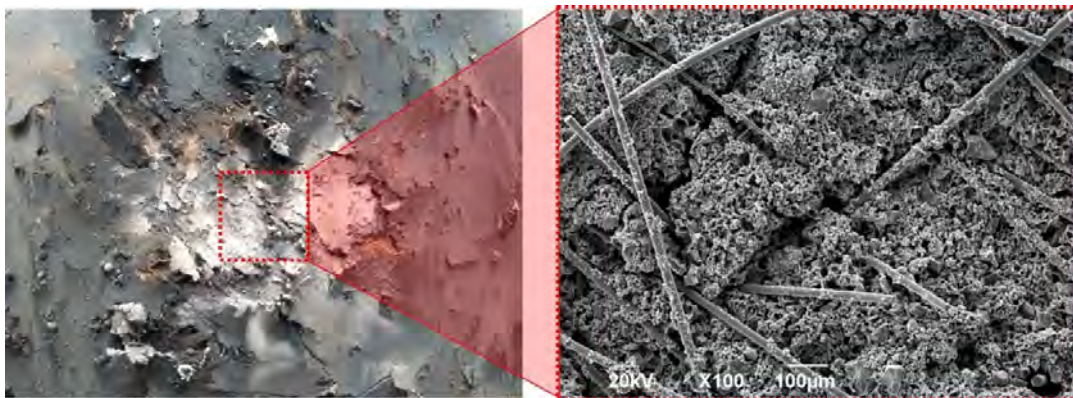


Figura 2. Observación microestructural de la zona térmicamente afectada y comportamiento ablativo del CAMP 2
Fuente: elaboración propia.

Con base en los desempeños reportados durante el ensayo de llama directa, se eligió el CAMP 2 (67 % ES) como el material óptimo, a partir del cual se fabricó una aplicación tipo tobera (boquilla) de motor cohete, la cual a su vez fue sometida a una prueba de combustión real para validar su aplicación en la fabricación de componentes de propulsión. En efecto, la Figura 3 muestra el montaje de la prueba y el perfil térmico alcanzado por la aplicación bajo condiciones reales de servicio, en donde se puede apreciar que la temperatura registrada en la superficie de la tobera no superó los 150 °C hasta los 90 s de prueba, en concordancia con el nivel de aislamiento térmico y desempeño ablativo reportado durante la prueba de llama directa (ver Figura 1). Este resultado valida finalmente el potencial de aplicación que tienen los CAMP

en el campo aeroespacial, en donde la búsqueda de materiales de elevados desempeños y baja densidad es constante. Al respecto, al comparar la densidad del CAMP 2 ($1,95 \text{ g/cm}^3$), con la de otros materiales comúnmente utilizados en la fabricación de motores cohetes, tales como las aleaciones de acero ($7,84 \text{ g/cm}^3$), aluminio ($2,79 \text{ g/cm}^3$) o titanio ($4,60 \text{ g/cm}^3$) (Suton; Biblarz, 2010), se puede resaltar la importancia de este desarrollo y la posibilidad de reducir el peso de la aplicación final. A lo que se le puede sumar el hecho de que los CAMP desarrollados en esta investigación se componen en un 67 % de residuos o sub-productos industriales y materiales de fácil adquisición (bajo costo) como la resina poliéster (30 %) y la fibra de vidrio (3 %).

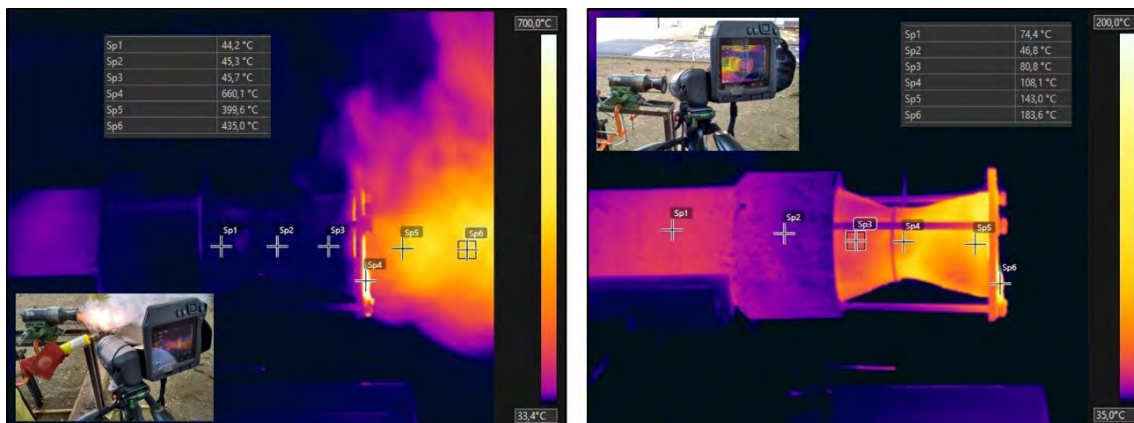


Figura 3. Prueba estática de combustión real del motor cohete fabricado con el compuesto ablativo optimo (CAMP 2)
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Se demostró la posibilidad de obtener compuestos de matriz polimérica con elevados desempeños ablativos incorporando altos contenidos (67 %) de residuos o sub-productos industriales. Estos materiales reportaron niveles de aislamiento térmico superiores al 65 %, resistiendo temperaturas de entre $1600\text{--}2000^\circ\text{C}$. Los resultados obtenidos se consideran de suma importancia para la producción local de sistemas de protección térmica o compuestos ablativos de baja densidad con materiales de fácil adquisición y bajo costo, lo cuales pueden ser aplicados en la manufactura de componentes de propulsión como las toberas de los cohetes de sondeo o tipo sonda que la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) pretende desarrollar en el país, con poca dependencia tecnológica externa, para fines científicos, tecnológico y militares.

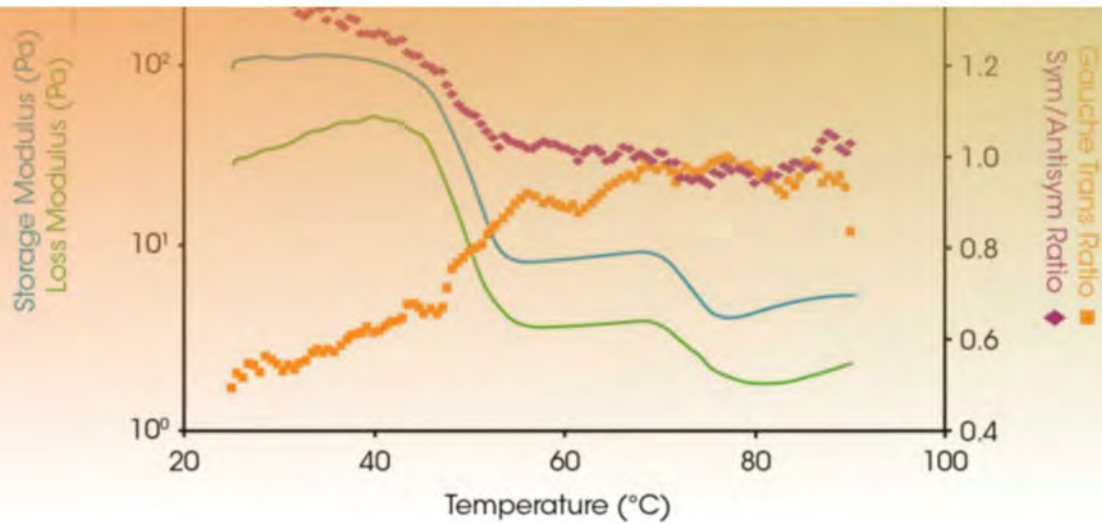
Agradecimientos

Al Programa de Ingeniería Mecánica de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez” (EMAVI), a la sección de investigaciones de la EMAVI y al Laboratorio de Servicios Tecnológicos (SENNOVA) del Centro de Electricidad y Automatización Industrial (CEAI) del SENA (regional Valle del Cauca) por el soporte instrumental durante las pruebas termográficas.

Referencias

- ASTM International. (2015). *ASTM E285, Standard test method for oxyacetylene ablation testing of thermal insulation materials*.
<https://doi.org/10.1520/E0285-08R15>

- Astola, P. J.; Rodríguez, M. A.; Botana, F. J.; González-Rovira, L. (2017). Caracterización de elementos de protección térmica de materiales compuestos mediante análisis térmicos. *Revista de La Asociación Española de Materiales Compuestos*, 2(4), 34–41.
- Natali, Maurizio; Kenny, Jose; Torre, Luigi (2016). Science and technology of polymeric ablative materials for thermal protection systems and propulsion devices : A review. *Progress in Materials Science*, 84, 192–275. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2016.08.003>
- Pulci, G.; Paglia, L.; Genova, V.; Bartuli, C.; Valente, T.; Marra, F. (2018). Low density ablative materials modified by nanoparticles addition: Manufacturing and characterization. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 109, 330–337. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2018.03.025>
- Rallini, Marco; Natali, Maurizio; Torre, Luigi (2019). An Introduction to Ablative Materials and High-Temperature Testing Protocols. En Yan, Qi-Long; He, Guo-Qiang; Liu, Pei-Jin; Gozin, Michael (Eds.). *Nanomaterials in Rocket Propulsion Systems* (529–549). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813908-0.00014-9>
- Suton, Gerge; Biblarz, Oscar (2010). *Rocket Propulsion Elements* (Eighth Edi). New Jersey: John Wiley & Sons, INC.



Ingeniería de Polímeros, Procesamiento y Reología

Revista Informador Técnico, Volumen 83 n2 - Suplemento I- 2019

V Simposio de Materiales Poliméricos - 28 y 29 de Octubre de 2019, Cali - Colombia

CONTENIDO

Migración específica de bisfenol a (BPA) en biberones fabricados en Colombia	30
Diana Sinuco, Elianna Castillo, Ruth Rodríguez, Cher	
Sistema de conformado de platos con materiales biodegradables	35
Juan Sebastián Cely Silva, Federico Rojas Chiquillo, Daniel Esteban Pinzón, Edwin Yesid Gómez-Pachón, Jorge Arturo Torres Pemberti	
Diseño y manufactura de prototipo de termoformadora de acrílico de diferentes calibres	39
Andrés F. Fonseca F., Jeisson E. Torres A., Camilo S. Higueta P., Laura A. Torres F., Paula A. Perilla L., Yolanda Torres P.	
Diseño y construcción de un laboratorio móvil de innovación y co-creación a partir de materiales compuestos	45
Manuel Zea, Lina Espitia, Edwin Gómez	
Desarrollo de un aparato ortopédico para tratamientos de terapia física	49
Haner Arley Pirabaguen-Hernández, Jhon Fredy Moreno Nossa, Sergio David Mérida-Gómez, Jorge Armando Riaño-Díaz, Carlos Alberto Cardenas-Arevalo, Aristides David Archila-Cordero, Holman David Puerto Rojas, Edwin Yesid Gómez-Pachón	
Evaluación del efecto de la aplicación de un recubrimiento de quitosano-aloe vera sobre la tasa de respiración de la uchuva (<i>Physalis Peruviana L.</i>)	53
Yaqueline García Celis, Keidy Viviana Ortega Muñoz, Waiber Perlaza Esterilla	
Procesamiento y desempeño de materiales nanocompuestos poliméricos	57
Antonio Sánchez Solís	
Reología en procesos industriales de manufactura de materiales híbrido	58
Octavio Manero	
Comparación de la relajación mecánica y dieléctrica en materiales poliméricos	59
L.F. del Castillo, S.I. Hernández, Abel García-Bernabé, V. Compañ, C. Caidedo	
RHEO-RAMAN: The approach to describe molecular structure with mechanical properties of materials	60
Abel Gaspar-Rosas	



Migración específica de bisfenol a (BPA) en biberones fabricados en Colombia

Specific migration of bisphenol to (BPA) in bottles made in Colombia

Modalidad: Poster

Diana Sinuco¹
Elianna Castillo¹
Ruth Rodríguez¹
Cheryl Durán¹

¹ Laboratorio de Extensión y Asesoría, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia. Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia.
dcsinucol@unal.edu.co

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados del análisis por HPLC de la migración específica de Bisfenol A (BPA) presentada por biberones de fabricación colombiana. Los resultados muestran que para un primer ensayo de migración el contenido de BPA no supera los límites permitidos sin embargo en una segunda prueba se identifica un aumento en la concentración del BPA en los simulantes sustitutivos al graso (Etanol 95 % e Isooctano), superando límite máximo establecido en la regulación EU No. 2018/213 del 12 de Febrero de 2018 (0,05 mg/kg).

Palabras claves: BPA, HPLC; migración global, migración específica.

Introducción

Los envases de plástico para alimentos se producen con la ayuda de plastificantes o aditivos para mejorar sus propiedades de flexibilidad, estabilidad o resistencia. Entre estos aditivos, [2,2-bis (4-hidroxifenil) -propano] (bisfenol-A-BPA) es un monómero utilizado para la síntesis de policarbonato (PC) y como reacción intermedia en la fabricación de resinas epoxi, fenoxi, polisulfona y ciertas resinas de poliéster, así como retardantes de llama o en caucho (Hahladakis; Velis; Weber; Iacovidou; Purnell, 2018). Aunque su uso está autorizado por el Reglamento de la Comisión (Diamanti-Kandarakis *et al.*, 2009), existe una prohibición sobre su uso en la fabricación de biberones de policarbonato para lactantes sobre la base del principio de precaución (European Standard, 2002). El BPA es parte del grupo de compuestos disruptores endocrinos (DE) que interfieren con la biosíntesis de hormonas, el metabolismo y las acciones resultantes de estos, causando una alteración en la homeostasis normal del individuo expuesto o sus descendientes. Se ha demostrado que el BPA tiene afinidad por los receptores de estrógenos y, por lo tanto, posee la capacidad de producir efectos estrogénicos (Normalización Española UNE, 2005a; Ministerio de Salud y Protección Social, 2012) Estos aditivos podrían migrar a los alimentos y presentar un riesgo para la salud humana. En este orden, se han desarrollado algunas regulaciones para establecer el límite de migración global máximo (OML) y los límites de migración específicos (SML).

Los ensayos de migración general se basan en determinaciones gravimétricas, utilizando diferentes simuladores de alimentos, que están en contacto con el material de envasado, bajo ciertas condiciones de temperatura, tiempo y exposición (European Commission Regulation, 2011; European Commission Regulation, 2018). El OML para plástico en contacto con alimentos es de 50 mg/kg (Diamanti-Kandarakis *et al.*, 2009).

Los ensayos de migración específicos se realizan mediante análisis directo de simuladores de alimentos después de finalizar las condiciones generales de migración. Para BPA, un método de HPLC-UV-Vis prevalidado es capaz de determinar cuantitativa la migración específica de BPA como un nivel mínimo de 0,2 mg/kg de simulante alimenticio (Tamschick,

2016). Recientemente, una restricción de endurecedor en la migración hacia o sobre alimentos de [2,2-bis (4-hidroxifenil) propano] de barnices o recubrimientos aplicados a materiales y artículos no ha excedido un SML de 0,05 mg de Bisfenol-A por kg de comida (European Standard, 2002).

Los estudios de migración de BPA sobre la alimentación de biberones se han llevado a cabo utilizando análisis y derivatización de BPA por GC-EI / MS / MS (Normalización Española UNE, 2005b), por GC-MS operado en el modo de monitoreo de iones seleccionado (SIM) (Kubwabo *et al.*, 2009), por ultra alto rendimiento cromatografía líquida (UPLC) con un detector de fluorescencia (Nam; Seo; Kim, 2010) y por cromatografía líquida-espectrometría de masas en tándem LC-MS / MS) (Ali *et al.*, 2018; Regueiro; Wenzl, 2015), entre otros. Aunque estos estudios ofrecen límites de detección muy bajos ($\mu\text{g} / \text{kg}$), para el análisis de rutina y de acuerdo con la regulación sobre SML, se debe contar con un método cromatográfico simple, rápido, económico y confiable.

En Colombia, varias industrias del plástico requieren el análisis de la migración específica de BPA desde los envases de plástico. El laboratorio de extensión y asesoría (LEA) de la Universidad Nacional de Colombia, es un laboratorio acreditado que ofrece ensayos de migración generales y específicos, utilizando una metodología económica y confiable. En este trabajo se analizaron 38 biberones de alimentación comprados a diferentes productores locales para cuantificar la migración específica de BPA por HPLC-UV-Vis.

Materiales y Métodos

Muestras

Se utilizaron un total de 38 muestras de biberones para la determinación de bisfenol-A. Las muestras provienen de diferentes empresas dentro de Colombia. Una empresa suministró biberones para alimentación de PC en color, otra empresa suministró biberones incoloros para alimentación de PC y una empresa suministró biberones sin BPA.

Ensayo de migración

Se realizaron ensayos de migración global y específica para BPA en 38 muestras de biberones, de acuerdo con la regulación (European Commission Regulation, 2018; Tamschick *et al.*, 2016). Brevemente, cada botella se llenó con 200 mL de simulante alimenticio respectivamente. Se sometieron tres biberones a la prueba de migración con cada simulador de alimentos: agua destilada, solución de ácido acético al 3 % (P/V), solución de etanol al 15 % (V/V), isooctano y etanol al 95 %, también llamados simuladores alternativos de alimentos grasos. Para acuosos, ácidos, alcohólicos y etanol al 95 %, las pruebas de migración se realizaron a 40 °C durante 10 días, y para isooctano, el ensayo se realizó a 20 °C durante 2 días. Para el análisis de la migración específica de Bisfenol-A, se inyectaron 10 μL de cada simulador de alimentos acuosos directamente en el sistema de HPLC sin ningún tratamiento de muestra adicional, a excepción de los simuladores sustitutivos que requieren una limpieza adicional con una mezcla de Metanol:hexano relación 3:2. Todas las pruebas de migración se realizaron por triplicado y los resultados del área de medición se correlacionaron con una curva de calibración externa de 0,01 a 0,6 mg/kg.

Con el fin de simular la posible migración de Bisfenol-A debido a la reutilización de biberones, se realizó un segundo ensayo de migración en las mismas condiciones descritas anteriormente, y se confirma que el repetido uso y desgaste del polímero en contacto con los simulantes presenta un aumento progresivo de migración del BPA.

HPLC

Los análisis de cromatografía líquida de BPA se realizaron utilizando un cromatógrafo de líquidos del sistema Hitachi Primaide 1120 (Hitachi®, Palo Alto, CA) equipado con una bomba de alta presión cuaternaria (serie 1110), un detector UV de longitud de onda única (serie 1410) y un automuestreador (serie 1210). El análisis de los datos se realizó con el software Hitachi ChemStation. Las separaciones cromatográficas se desarrollaron en una columna Kinetex® C18 (2,6 μm , 4,6 $\times$ 100 mm) bajo un programa isocrático utilizando 50 % de metanol (solvente B) y 50 % de agua (solvente A) como componentes

de la fase móvil. El caudal se ajustó a 0,5 mL/min, el volumen de inyección fue de 10 µl, el analito se controló a 224 nm y el análisis total se realizó en 13 min. Este método es una adaptación de un método prevalidado en DD-CENT-TS-13130-13: 2005.

Resultados y discusiones

Los simuladores de alimentos obtenidos después de los ensayos de migración general de la alimentación de biberones, se analizaron mediante el método validado. La Figura 1 muestra el perfil cromatográfico de las muestras de biberones luego de una segunda migración.

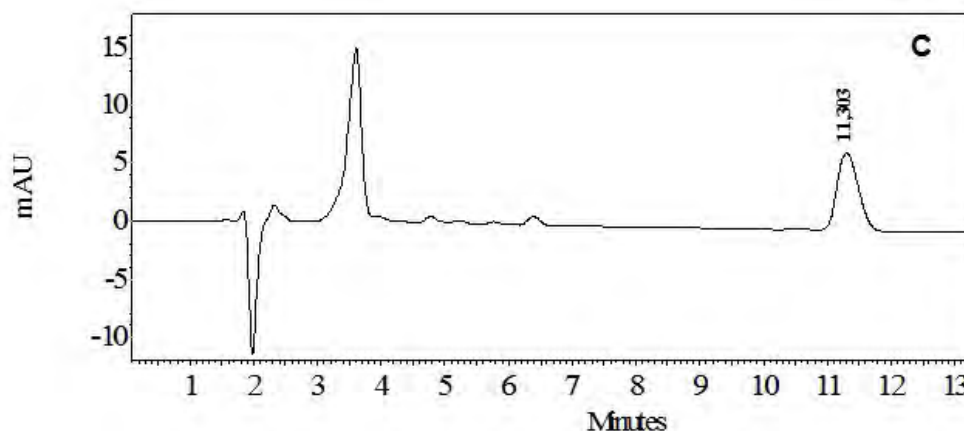


Figura 1. Cromatograma de HPLC de una muestra de migración de biberón con etanol al 95 %
Fuente: elaboración propia.

La Tabla 1 muestra los resultados de la migración general y específica de Bisfenol-A de biberones en el segundo ensayo con los simuladores empleados, expresados como concentración y desviación estándar en mg de Bisfenol A por kg de simulante alimentario.

Tabla 1.

Resultados de la migración global y específica de BPA a partir de biberones en un segundo uso.

	Agua (mg/kg)	Acido acético 3 % (mg/kg)	Etanol 15 % (mg/kg)	Etanol 95 % (mg/kg)	Isooctano (mg/kg)
Migración global (mg/kg) n=3	2,6±0,2	1,4±0,2	4,8±0,2	5,4±0,3	7,1±0,06
Migración específica de Bisfenol-A (mg/kg) n=3	ND	<LOD	0,011±0,001	0,116±0,032	0,112±0,001

ND= no detectado; <LOD= por debajo del límite de detección.

Fuente: elaboración propia.

La migración global fue observada en todos los simuladores de alimentos, especialmente en aquellos con alta polaridad. De acuerdo con los resultados, todos los ensayos estaban por debajo del nivel permitido (OML 60 mg / kg (Diamanti-Kandarakis *et al.*, 2009) o 50 mg/kg (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012). Esto significa que incluso la transferencia masiva de productos químicos desde los biberones de alimentación para bebés a los simuladores de alimentos es conforme. En este trabajo, evaluamos tanto la migración general como la específica. Además, se realizó un segundo ensayo de migración para evaluar el efecto de la reutilización de los biberones (Ali *et al.*, 2018; Guart *et al.*, 2013).

Mediante el análisis de los simuladores de alimentos obtenidos después de un primer ensayo de migración, no se detectaron valores de Bisfenol-A para todos los simulantes y muestras. Sin embargo, cuando los biberones se reutilizaron

en una segunda prueba de migración, se observaron señales de Bisfenol-A para los simuladores de alimentos etanol al 15 %, etanol al 95 % e isooctano. En ácido acético al 3 %, la migración de bisfenol A fue menor que el límite de detección (LOD). No se observó migración en el agua como simulador de alimentos. La mayor migración se observó para la reutilización con estimulantes grasos etanol al 95 % e isooctano.

Estos resultados muestran que aunque los nuevos biberones de alimentación tienen una migración de Bisfenol-A inferior al límite establecido por la legislación real (SML 0,05 mg/kg), se observó una mayor migración específica con un segundo ensayo de migración. Estos resultados están de acuerdo con estudios previos. Efectos como la limpieza en el lavavajillas, el aumento de la temperatura, el tiempo de incubación o con un cepillo, la esterilización con agua hirviendo, producen un aumento de la lixiviación residual de BPA de las botellas de plástico (Nam *et al.*, 2010; Guart *et al.*, 2013)]. Estos resultados resaltan la importancia de que los productos de plástico para bebés, como los biberones, indiquen la duración del uso antes de alcanzar el SML aceptable. Para mejorar nuestro conocimiento sobre la migración específica en materiales plásticos reutilizables, se necesitan más ensayos.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados de migración, el mejor simulante de alimentos para determinar BPA es etanol 95 % e isooctano. Este trabajo demuestra la necesidad de llevar a cabo varios ensayos de migración, para materiales reusables en contacto con alimentos como biberones, para asegurar el cumplimiento de los límites de migración específica.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el Proyecto 400000025674-Mejoramiento de la gestión integral del sistema nacional de laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá.

Referencias

- Ali, M.; Jaghbir, M.; Salam, M.; Al-Kadamany, G.; Damsees, R.; Al-Rawashdeh, N. (2018). Testing baby bottles for the presence of residual and migrated bisphenol A. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(1), 7-10. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7126-0>
- Diamanti-Kandarakis, E.; Bourguignon, J. P.; Giudice, L. C.; Hauser, R.; Prins, G. S.; Soto, A. M.; Zoeller, R. T.; Gore, A. C. (2009). Endocrine-disrupting chemicals: An endocrine society scientific statement. *Endocrine Reviews*, 30(4), 293-342. <https://doi.org/10.1210/er.2009-0002>
- European Commission Regulation (2011). EU No. 10/2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food.
- European Commission Regulation (2018). EU No. 2018/213 on the use of bisphenol A in varnishes and coatings intended to come into contact with food and amending Regulation (EU) No 10/2011 as regards the use of that substance in plastic food contact materials.
- European Standard (2002). EN 1186-1 Materials and articles in contact with foodstuffs - Plastics - Part 1: Guide to the selection of conditions and test methods for overall migration.
- Guart, A.; Wagner, M.; Mezquida, A.; Lacorte, S.; Oehlmann, J.; Borrell, A. (2013). Migration of plasticizers from Titan and polycarbonate bottles and toxicological evaluation. *Food Chemistry*, 141(1), 373-380. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.129>



- Hahladakis, John; Velis, Costas; Weber, Roland; Iacovidou, Eleni; Purnell, Phil (2018). An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of Hazardous Materials*, 344, 179–199.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.10.014>
- Kubwabo, C.; Kosarac, I.; Stewart, B.; Gauthier, B. R.; Lalonde, K.; Lalonde, P. J. (2009). Migration of bisphenol A from plastic baby bottles, baby bottle liners and reusable polycarbonate drinking bottles, *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risks Assess*, 26(6), 928–937.
<https://doi.org/10.1080/02652030802706725>
- MinisteriodeSaludyProtecciónSocial(28demarzode2012).Pormediodelacualseexpideelreglamentotécnicosobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrarencontactoconalimentosybebidasparaconsumohumano.[Resolución683de2012].Recuperadode https://paginaweb.invima.gov.co/images/pdf/normatividad/alimentos/resoluciones/resoluciones/2012/2RESOLUCION_683_DE_2012_reglamento_general_envases.pdf
- Nam, S. H.; Seo, Y. M.; Kim, M. G. (2010). Bisphenol A migration from polycarbonate baby bottle with repeated use, *Chemosphere*, 79(9), 949–952.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.02.049>
- Normalización Española UNE (2005a). UNE-EN 13130- 1 Materials and articles in contact with foodstuffs – Plastics substances subject to limitation - Part 1: Guide to test methods for the specific migration of substances from plastics to foods and food simulants and the determination of substances in plastics and the selection of conditions of exposure to food simulants.
- Normalización Española UNE (2005b). UNE-EN 13130- 13 Materials and articles in contact with foodstuffs – Plastics substances subject to limitation - Part 13: Determination of 2,2-bis(4-hydroxyphenyl)propane (Bisphenol A) in food simulants.
- Regueiro, J.; Wenzl, T. (2015). Development and validation of a stable-isotope dilution liquid chromatography–tandem mass spectrometry method for the determination of bisphenols in ready-made meals. *Journal of Chromatography A*, 1414, 110–121.
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.08.037>
- Tamschick, S.; Rozenblut-Koscisty, B.; Ogielska, M.; Kekenj, D.; Gajewski, F.; Krüger, A.; Kloas, W.; Stock, M. (2016). The plasticizer bisphenol A affects somatic and sexual development, but differently in pipid, hylid and bufonid anurans. *Environmental Pollution*, 216, 282–291.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.091>

Sistema de conformado de platos con materiales biodegradables

Plate forming system with biodegradable materials

Modalidad: Poster

Juan Sebastián Cely Silva¹
 Federico Rojas Chiquillo¹
 Daniel Esteban Pinzón¹
 Edwin Yesid Gómez-Pachón¹
 Jorge Arturo Torres Pemberti¹

¹ Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia, DITMAV (Diseño, innovación y asistencia técnica en materiales avanzados), Duitama-Boyacá, Colombia

Resumen

Este proyecto muestra el desarrollo de un sistema de conformado para recipientes de un solo uso, en este caso platos tipo C1 (para postres), mediante un proceso de moldeo por termocompresión, el cual permite la experimentación con diferentes materiales, ya sean compuestos o naturales, los cuales son biodegradables. Esto con el fin de solucionar la problemática que actualmente tienen los fabricantes y comerciantes de recipientes de un solo uso en Boyacá debido a las regulaciones medioambientales que se están estableciendo con respecto al uso de polímeros tales como el poliestireno expandido (icopor) el cual es altamente contaminante. Este proceso se realizó mediante una búsqueda de requerimientos en usuarios, procesos de divergencia, convergencia y análisis con expertos. Como resultado se obtuvo un sistema de conformado programable para el uso de diferentes materiales.

Palabras clave: sistema; termo compresión; experimentación; materiales compuestos biodegradables; poliestireno.

Introducción

Según un estudio de la Universidad de Manizales, en Colombia un 13 % del total de los desechos sólidos por año corresponde a los plásticos y sus derivados, entre los que está el llamado icopor (EPS), este material tiene muchos usos, uno de los más comunes es para contener comida, pero al igual que los demás plásticos, este material causa daños en el medio ambiente (Vallejo-Ocampo, 2016).

Es por esto que el representante a la cámara Juan Caros Lozada Vargas propone un proyecto de ley cuyo objetivo es prohibir en el territorio nacional a partir del año 2030, la fabricación, importación, venta y distribución de plásticos de un solo uso. El proyecto de ley ya aprobó el primer debate en la comisión quinta de la cámara de representantes y seguirá ahora su trámite en el congreso con los tres debates que le restan.

Por lo tanto, se buscó dar respuesta a esta problemática diseñando y fabricando un sistema de conformación que permite obtener platos para alimentos utilizando diferentes materiales biodegradables. Esta propuesta permitió experimentar con distintas materias primas de origen natural donde inicialmente se trabajó con cascarilla de café y ácido poliláctico (PLA).



Objetivos:

Objetivo General

Diseñar y fabricar un sistema que permita conformar mediante moldeo por compresión, platos tipo C1 experimentando diferentes materiales biodegradables, (pulverizados).

Objetivos específicos

- Establecer un sistema que permita la conformación del material en polvo.
- Analizar las propiedades de los materiales utilizados como cargas y matrices poliméricas y sus implicaciones en la elaboración de recipientes biodegradables.
- Establecer el tipo de materiales de origen natural que pueden ser usados como materia prima en el desarrollo de recipientes para el uso alimentario.
- Determinar las variables necesarias (presión, temperatura, tiempo) que permitan conformar óptimamente los recipientes.

Se prevé obtener un sistema de conformado que permita generar diferentes configuraciones de materiales biodegradables teniendo en cuenta las variables de proceso de cada uno de estos para generar recipientes de un solo uso.

Materiales y Métodos

- Se diseñó y fabricó un sistema de termo-compresión para el conformado de platos tipo C1 con materiales biodegradables. Para el diseño del sistema se implementó la metodología Design Sprint que permite resolver problemas de diseño industrial en corto tiempo basados en necesidades y requerimientos de los usuarios, definiendo la estrategia, explorando ideas, seleccionando las mejores, creando un modelo de comprobación con los usuarios y validando con expertos y técnicos.
- Se realizaron pruebas de compresión, temperatura y tiempo para la cascarilla de café en polvo y el PLA para determinar los rangos de datos de las variables tiempo de compresión y temperatura de conformado.
- Se generaron alternativas de diseño conceptual referentes al funcionamiento del sistema mediante diagramas, esquemas, diseño CAD (diseño asistido por computador) y CAE (ingeniería asistida por computador). Además, Se generó un modelo de comprobación funcional para evidenciar las propiedades físicas de las alternativas mediante maquetas y prototipado 3D, con el fin de definir el sistema más eficiente para la conformación del material.
- Se construyó el sistema, el cual permitió experimentar la conformación de los recipientes con diferentes tipos de materiales de origen natural

Resultados y discusiones

En cuanto al análisis de los materiales a utilizar en el proceso de investigación se encontró una propuesta de aprovechamiento de residuos generados en la producción del café. Investigación de la cual se conoció el alto nivel de celulosa (57 %) que tiene la cascarilla de café y su potencial aplicación como material biodegradable.

En cuanto al otro material a utilizar (PLA) nos basamos en artículos de investigación científica ya publicados que nos permitió conocer las propiedades de la matriz polimérica a utilizar.(Valero-Valdivieso; Ortegón; Uscategui, 2013).

También se realizó una serie de pruebas como se menciona anteriormente para conocer las variables a implementar en el sistema (ver Figura 1).



Figura 1. Pruebas de variables. Fuente: elaboración propia

Resultados

Estos resultados son de la experimentación (compresión, temperatura de fusión de los materiales, tiempo de compresión) Lugar: Instituto CIMADI, grupo de investigación DITMAV.

En base a la investigación científica y a la comprobación se determinó que el rango de temperatura para el conformado de los platos es de 180 °C – 200 °C.

Se realizaron pruebas del sistema con materiales de la región, haciendo una mezcla homogénea entre 70 % de cascarilla de café pulverizada, y 30 % de ácido poli-láctico en presentación de polvo (ver Figuras 2 y 3).



Figura 2. Sistema de conformado
Fuente: elaboración propia.



Figura 3. Plato con cascarilla de café y ácido poli-láctico.
Fuente: elaboración propia.



Como resultado final y en cumplimiento del objetivo general se obtuvo un sistema de conformado programable para elaborar recipientes, en este caso platos tipo C1, con materiales biodegradables. Este controla la temperatura de compresión, el tiempo de compresión, el tiempo de enfriamiento, y la expulsión del plato, mediante subsistemas electrónicos y mecánicos permitiendo experimentar con diferentes materiales.

Conclusiones

El proyecto está abierto para seguir trabajando en su configuración funcional y así obtener diferentes formas en los recipientes, además en la experimentación de configuraciones con materiales biodegradables para potencializar el uso de estos recursos en la región.

Agradecimientos

A nuestros directores del proyecto, PhD Edwin Yesid Gómez Pachón y Mg Jorge Arturo Torres Pemberti, nuestros compañeros y familiares que nos apoyaron durante todo el proyecto.

Referencias

- Valero-Valdivieso, Manuel; Ortégón, Yamileth; Uscategui, Yomaira (2013). Biopolímeros: Avances y perspectivas. *DYNA*, 80(181), 171–180. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/20642/45329>
- Vallejo-Ocampo, Uver (2016). *Análisis Del Impacto Social Y Ambiental De La Gestión Integral De Residuos Sólidos En El Municipio De Aguas, Caldas* (Tesis de maestría). Universidad de Manizales, Colombia. Recuperado de from http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/2863/1/ANÁLISIS_DEL_IMPACTO_SOCIAL_Y_AMBIENTAL_DE_LA_GESTIÓN_INTEGRAL_DE_RESIDUOS_SÓLIDOS_EN_EL_MUNICIPIO_DE_AGUADAS%2C_CALDAS.pdf

Diseño y manufactura de prototipo de termoformadora de acrílico de diferentes calibres

Design and manufacture of acrylic thermoforming prototype of different sizes

Modalidad: Poster

Andrés F. Fonseca F.¹
Jeisson E. Torres A.²
Camilo S. Higuera P.³
Laura A. Torres F.⁴
Paula A. Perilla L.⁵
Yolanda Torres P.⁶

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Energía y Nuevas Tecnologías-GENTE, Duitama, Colombia.

² Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Energía y Nuevas Tecnologías-GENTE, Duitama, Colombia.

³ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Diseño, Innovación y Asistencia Técnica en Materiales Avanzados-DITMAV, Duitama, Colombia.

⁴ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Diseño, Innovación y Asistencia Técnica en Materiales Avanzados-DITMAV, Duitama, Colombia.

⁵ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Diseño, Innovación y Asistencia Técnica en Materiales Avanzados-DITMAV, Duitama, Colombia.

⁶ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Energía y Nuevas Tecnologías-GENTE, Duitama, Colombia.
yolanda.torres01@uptc.edu.co

Resumen

En este trabajo se describe el proceso de diseño y la manufactura de una máquina para el proceso de termocurvado de acrílico con precisión, control, versatilidad y seguridad, teniendo como referencia el termoconformado al vacío, los diferentes mecanismos de transferencia de calor y las propiedades del acrílico; con el fin de implementar este equipo en las prácticas de laboratorio que se realizan en el laboratorio de polímeros y de transferencia de calor de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Facultad Seccional Duitama, que a su vez logre afianzar los conceptos relacionados con los procesos de transformación y conformado de materiales poliméricos. La máquina permite a la comunidad educativa realizar curvado y calentamiento del material de una manera eficiente, rápida y segura, siendo un trabajo mancomunado de docentes y estudiantes de los programas de Diseño Industrial e Ingeniería Electromecánica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Facultad Seccional Duitama.

Palabras clave: termocurvado; transferencia de calor; acrílico.

Introducción

Para el proceso del termo curvado se manejan variables que se deben tener en cuenta y dar un orden de prioridad según su impacto en el proceso, entre ellas, el tipo y propiedades del material como conductividad térmica, calor específico, temperatura de transición vítrea, la temperatura de operación, el tiempo de precalentamiento y calentamiento, el tipo y



material de aislamiento, velocidad de operación, entre otras (Plastiglas de México S.A. de C.V., s.f.). Para cada una de ellas se deben desarrollar soluciones matemáticas, físicas y experimentales. Teniendo como base la teoría de transferencia de calor y termoconformado, como también todo un estudio de materiales refractarios y propiedades fisicomecánicas del acrílico y conceptos de resistencias eléctricas (Forero-López; Santana-Acero; Piracun, 2018; Pérez-Ramos; Chavarro-León, 2012), se realizó un desarrollo complementario de todos los sistemas que conlleva una máquina de termo curvado.

En la actualidad existen diferentes desarrollos tecnológicos en el área, ya que con este equipo se generan diferentes pizas para diversas aplicaciones en el sector alimenticio, empaques, electrodomésticos, automóviles, aeronáutico, de la construcción, entre otros (Arévalo-Samaniego, 1987; Belmonte-Picazo, 2012; Parrilla-García, 2016). Es así como en el mercado existen diversas empresas que vender equipos de alta gama de termoformadoras para empresas con grandes volúmenes de producción. Por ejemplo las empresas HAICOM (Haicom, s.f.), UHLMANN (Uhlmann, s.f.) e INTERTEC (Intertec S.A.S., s.f.) son algunas empresas muy conocidas que fabrican este tipo de equipos, pero para uso académico de laboratorio son de difícil acceso.

El desarrollo de este proyecto responde a un reto de diseño y a la necesidad de tener un equipo de termocurvado de acrílico para realizar prácticas académicas para los estudiantes de Diseño Industrial y de Ingeniería Electromecánica en el que se observen de forma directa los efectos de la temperatura y de los procesos de transformación y conformado en simultáneo sobre un polímero y que además se pueda controlar y monitorear diferentes variables del proceso.

El proyecto contempla tres sistemas principales: uno de calentamiento, otro de curvado y finalmente el de control. El calentamiento se logra al aplicarle tensión a una resistencia eléctrica que genera un fenómeno de disipación de calor por medio de convección. Por su parte, el doblado se realiza por medio de un sistema de molde y contra molde accionado por un mecanismo de piñón cremallera y, por último, el control, con el mando de los dos sistemas anteriores.

A continuación, se presentan los materiales y métodos empleados en la realización de este proyecto, luego se presentarán los resultados obtenidos, unas conclusiones y al final algunas de las referencias consultadas.

Materiales y Métodos

En la manufactura del equipo de termocurvado se usaron varios materiales y equipos para su buen funcionamiento, teniendo en cuenta que este consta de cuatro partes principales, la mufla, el módulo de curvado, el sistema de control y la salida del material

- **La Mufla:** esta parte consta de los siguientes elementos:

Aislamiento: según las pruebas realizadas de temperatura y características de materiales refractarios, se llegó a la conclusión que el Papercrete es un buen material para la fabricación de las placas que conforman el aislante:

Papercrete: es un compuesto a base de cemento (33 %), arena (33 %) y papel (33 %), que resulta en un material altamente aislante, es un material ecológico, económico y de fácil producción.

Resistencias: para la disipación de calor en el interior de la mufla hacia el material a curvar se usó nicromo el cual es una aleación de 80 % níquel y 20 % cromo, su punto de fusión es cercano a los 1400 °C y por resistividad y difícil oxidación en altas temperaturas es utilizado en la confección de resistencias.

- **Módulo de Curvado:** Esté módulo consta de las siguientes partes:

Sistema Mecánico: se usa un mecanismo de piñón-cremallera, el engranaje es de acero de 11 dientes y una cremallera de nylon de 24 cm.

Motor: tiene una capacidad de empuje de 5 kg, funciona a una tensión de 12 V y cuenta con un circuito de cambio de giro.

Molde y contra molde: para la forma del molde se usa una matriz de madera que tiene una resistencia mecánica entre 8 y 18 cubierta en lamina de Zinc con su punto de fusión de $419,5^{\circ}\text{C}$, gracias a su ductilidad se pueden lograr radios de 10 cm.

• **Sistema de Control:** este sistema consta de dos tipos:

Control Análogo: se cuenta con un mando que reúne tanto la mufla, en la cual se puede controlar la temperatura y el control del mecanismo de curvado, donde se selecciona el ascenso o descenso del contra molde.

Control Digital: por medio de un microcontrolador ARDUINO UNO se tiene el mando de una pantalla LCD la cual es la interface entre el operario y la máquina, en donde se puede seleccionar el tipo de lámina a curvar, como también la temperatura a la cual se encuentre la mufla, esto por medio de una termocupla tipo J, la cual trae incluida un codificador que transforma la señal térmica a una eléctrica.

• **Salida del Material:**

Rieles: se usa un par de rieles de aluminio de 30 cm totalmente reciclables con punto de fusión de 660°C , para la salida del material curvado.

En el proceso de diseño y desarrollo del equipo se realizaron investigaciones para el tipo de aislamiento, el tiempo de calentamiento según el calibre de la lámina a curvar como también la temperatura mínima para el formado, el tiempo de endurecimiento, el tipo de resistencia para el calentamiento, la disposición de las resistencias y también la tensión aplicada para llegar a niveles óptimos de temperatura.

Para la obtención del diseño de concepto de equipo se realizaron diferentes procesos de recolección de información, tales como: entrevistas, encuestas e investigación en bases de datos sobre termoconformado y transferencia de calor (Vilte, s.f.). Luego se analizó la información para la discriminación de los datos obtenidos con el fin de detectar las necesidades dentro de la seccional y definir requerimientos de diseño para la formulación del reto. Posteriormente, se establecieron algunas especificaciones del proyecto basados en el consumidor o usuarios finales, se realizó el análisis funcional de uso.

Con la anterior información, se realizó un proceso de generación y análisis de alternativas y selección de alternativa final, una descripción de interacción usuario-máquina considerando aspectos ergonómicos y funcionales. Luego se procedió a generar modelados en 3D, prototipos conceptuales, selección definitiva de materiales y simulaciones funcionales, desarrollo de planos de detalle, cálculos de resistencia de materiales y de transferencia de calor, con los cuales se procedió al desarrollo de piezas para pruebas de producción.

Fue necesario también el uso de materiales refractarios para conseguir un aislamiento casi que total del sistema, esto con el fin de proteger al operador; el material a prueba es PAPERCRETE, en donde se hicieron varias pruebas: variar los porcentajes de las cargas de papel en el material, el tipo de cemento, la cantidad de agua, entre otras. Dando como resultado un aislamiento capaz de reducir la temperatura de 1000°C a 50°C y un espesor de 1 pulgada, lo cual evita pérdida de calor (ver Figura 1).



Figura 1. Prueba de capacidad de aislamiento del PAPERCRETE
Fuente: elaboración propia.



Las resistencias fueron un punto de investigación y de pruebas interesante, donde se variaba la longitud, el calibre, la conexión, en el que finalmente se eligió un par de resistencias en paralelo que, a su vez, era un juego de 8 resistencias en serie, cada una de 30 cm y un calibre de 0,4 mm de diámetro, donde la temperatura máxima alcanzada fue de 450 °C a una tensión de 114 V (ver Figura 2).



Figura 2. Prueba de capacidad de calentamiento del NICROMO
Fuente: elaboración propia.

Finalmente se realizó la ficha técnica del producto, se hizo la validación del prototipo funcional beta y verificación de uso, sus tablas de producción y de manufactura final.

Resultados y discusiones

A continuación, en la Figura 3 se presenta el equipo que fue diseñado, construido y validado por docentes y estudiantes de Diseño Industrial e Ingeniería Electromecánica:



Figura 3. Máquina de termocurvado KURVIK
Fuente: elaboración propia.

Se logró el diseño, construcción y validación del equipo de termoformado para curvado de acrílico, se trabajó con el material de las resistencias en nicromo que tiene una resistividad de , según la conexión, el calibre y la longitud total, la resistencia total es de , que alimentado a una tensión de 114 V da una corriente de 13,41 A, una potencia total disipada de 1528 W, que son la base para los cálculos de transferencia de calor.

El voltaje del equipo se puede controlar por medio de un DIMMER con una potencia máxima de 2000 W y una capacidad de regulación de 0 a 120 V alimento a tensión de red.

Para que la lámina de acrílico pueda ser curvada se requiere de una temperatura de salida entre los 130 °C y 150 °C, para este fin se realizaron los cálculos de transferencia de calor para tener mayor claridad y control sobre el proceso térmico que ocurre dentro de la mufla. Se realizaron cálculos de transferencia de calor por conducción: pérdidas de calor en el aislamiento y aire circundante, de convección natural: pérdida de temperatura al ambiente y por radiación: temperatura que transfiere la mufla al material (acrílico). Con lo anterior se obtuvo un equipo que aprovecha al máximo los diferentes efectos de los mecanismos de transferencia de calor combinados y lo hace más eficiente.

Se manufacturaron el molde y el contra molde, y su sistema de ensamble y funcionamiento, permite intercambiar cada uno de acuerdo a la matriz que se desee curvar; seleccionar el material adecuado para la carcasa del equipo, sin dejar de lado el manejo de temperatura, el mecanismo, los controles y la configuración formal del mismo.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que el equipo funciona perfectamente y cumple con las necesidades requeridas para la realización de prácticas de laboratorio de polímeros y transferencia de calor. Se espera que comience a operar en el próximo semestre académico.

Al realizar la investigación y análisis de productos existentes, se evidencia que los procesos que se realizan para el curvado de acrílico, no son tan eficientes a la hora de dar acabado a las piezas, se debe agregar un proceso más (rutear cada pieza).

Durante la realización de pruebas y selección de materiales para la manufactura, se determina que el nicromo y el PAPERCRETE son materiales poco conocidos y usados en la industria, pero los resultados de las probetas confirman su excelente eficiencia en este equipo, por lo que fue seleccionado como material final para la manufactura.

Los procesos de calentamiento de acrílico de acuerdo al calibre no se encuentran estandarizados, ya que este proceso no se realiza de manera sistematizada ni controlada, lo cual sería un proyecto interesante y pertinente de llevar a cabo a futuro.

La experiencia del usuario es positiva, ya que el proceso es completamente sistematizado, lo que brinda confianza y seguridad para él y para el conformado del material.

Para la manufactura es necesario tener estandarizados los calibres de las placas aislantes de acuerdo a la temperatura que se debe aislar y la separación entre placas para evitar pérdidas de calor perjudiciales e innecesarias, mediante cálculos de transferencia de calor por conducción, convección y radiación.

Aunque, este equipo fue diseñado para uso académico- pedagógico, se podría escalar para convertirlo en un equipo de uso industrial, ya que se ve que tienen muchos campos de aplicación.



Referencias

- Arévalo-Samaniego, Pablo (1987). *Máquinas de Termoconformado* (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/8421>
- Belmonte-Picazo, Carlos (2012). *Desarrollo de sistema de bajo coste para termoconformado por vacío de láminas plásticas* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/60342/TFM%20-%20%20Belmonte%20Picazo%2C%20C..pdf?sequence=1>
- Forero-López, Daniel; Santana-Acero, Daniel; Piracun, Hugo (2018). *Diseño de máquina termoformadora didáctica para el laboratorio de materiales de ingeniería de la Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas* (Tesis de especialización). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13586/1/PROYECTO%20TERMOFORMADORA%20DIDACTICA.pdf>
- Haicom. (s.f.). *Parco s.r.l. Vacuum forming machines*. Recuperado el 01 de 08 de 2019, de <http://www.haicom.com.mx/empresas/parco>
- Intertec S.A.S. (s.f.). *Termoencogido-catálogo. Tecnología Internacional*. Recuperado el 30 de 07 de 2019, de http://intertec.com.co/productos/termoencogido.php?gclid=EAIaIQobChMIhq2_mrGj5AIVj47ICh2agQkzEAMYASAAEgJBRPD_BwE
- Parrilla-García, Carlos (2016). *Desarrollo de moldes de termoconformado para prehormados de foam elastomérico : análisis metodológico en base a variables térmicas y mecánicas* (Tesis doctoral). Universidad de Vigo, España. Recuperado de <http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/672>
- Pérez-Ramos, Viviana; Chavarro-León Byron (2012). *Diseño y construcción de una máquina de termoformado* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Milagro, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/1976/1/Dise%C3%B1o%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20una%20m%C3%A1quina%20de%20termoformado..pdf>
- Plastiglas de México S.A. de C.V. (s.f.). *Manual Técnico Termoformado*. Recuperado de <https://tecnologia3bunlp.files.wordpress.com/2015/03/manual-determoformado.pdf>
- Uhlmann. (s.f.). *Uhlmann-Productos*. Recuperado el 03 de 08 de 2019, de <https://www.uhlmann.de/en/products/blister-machines.html>
- Vilte, M. d. (s.f.). *Transferencia térmica por convección natural en un recinto cerrado en condiciones de equilibrio térmico y dinámico*. Recuperado el 06 de 08 de 2019, de <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2000/2000-t002-a016.pdf>

Diseño y construcción de un laboratorio móvil de innovación y co-creación a partir de materiales compuestos

Design and construction of a mobile innovation and co-creation laboratory based on composite materials

Modalidad: Poster

Manuel Zea¹
Edwin Gómez¹
Lina Espitia²

¹ Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia 1, DITMAV, Carrera 18 con Calle 22, Duitama, Colombia. Italic www.uptc.edu.co

² SENA 1, Centro de Materiales y ensayos, Bogotá, Av. 30 No. 17 B – 25 SUR, Bogotá, Colombia. www.sena.edu.co

Resumen

En este proyecto se realizó el diseño y construcción de un laboratorio móvil de innovación y co-creación para el desarrollo de Boyacá. El método utilizado para concretar la unidad móvil fue a partir de 6 etapas (entender, definir, divergir, decidir, prototipar y validar), el resultado fue un dispositivo modular construido a partir de un material compuesto de una matriz polimérica y un refuerzo en fibra de vidrio y coremat. Este laboratorio está concebido para facilitar, promover, acercar y dinamizar procesos de transferencia de conocimiento en diseño, innovación, tecnología, e investigación en municipios de Boyacá que presentan dificultades de acceso a estos recursos.

Palabras clave: boyacá; diseño; educación; materiales compuestos; innovación.

Introducción

En el país y particularmente en Boyacá existen brechas que deben ser superadas desde diferentes estrategias que se complementen para acercar las provincias y poblaciones rurales al mundo de la innovación y la tecnología para incluirlas en las dinámicas globales. En este sentido, lo local empieza a adquirir nuevas dimensiones logrando un papel fundamental en el reconocimiento de problemáticas específicas que derivan de la transformación del Estado, los cambios sociales y los procesos de integración que se dan entre los actores, territoriales (Pérez; Barbetti, 2007). A partir, de una alianza interinstitucional para el desarrollo local de Boyacá, se estableció un sistema de laboratorios de innovación y co-creación que operan en tres canales diferentes: virtual, fijo y móvil. Con el fin de atender las diferentes necesidades del mercado. En este proyecto se diseñó y construyó el laboratorio móvil en un material compuesto de una matriz polimérica reforzada con fibra de vidrio y coremat. El método utilizado para concretar la unidad móvil fue propuesto por IDEO una escuela de diseño de la universidad de Stanford, el cual incluye 6 etapas de trabajo (entender, definir, divergir, decidir, prototipar y validar). El resultado es un dispositivo modular que funciona como un puesto de trabajo adaptable a dos componentes de trabajo uno para la modelación e ideación de proyectos de innovación fundamentados en el conocimiento y el otro para el prototipado de los mismos, esta herramienta servirá de estrategia de despliegue a los municipios que son predominantemente rurales de Boyacá a los cuales se busca acercar el diseño y los negocios innovadores a la población que tiene limitaciones de acceso a la educación en tecnología y generar diferentes oportunidades para pensar su futuro, identificando oportunidades de emprendimiento que puedan impactar su cotidianidad, y generar arraigo por los territorios y recursos propios de cada municipio.

Materiales y Métodos

Se usaron diferentes herramientas metodológicas enfocadas en el usuario, en las que se tomaron en cuenta sus características personales y sociales, así como aquellas condiciones relevantes para los fenómenos de percepción, comunicación y significancia. El método utilizado para concretar la unidad móvil fue propuesto por IDEO una escuela de diseño de la universidad de Stanford, el cual incluye 6 etapas de trabajo: **entender** (Construir los requerimientos técnicos, formales, de uso), **definir** (Variables de diseño), **divergir** (Generar alternativas de solución), **decidir** (Selección y diseño al detalle), **prototipar** (Fabricación de maqueta, modelo y prototipo) y **validar** (Pruebas con los usuarios, partes interesadas y expertos de manufactura).

En la Figura 1, se observa el paso a paso del proceso de manufactura por el cual se concretó el prototipo final del laboratorio móvil.

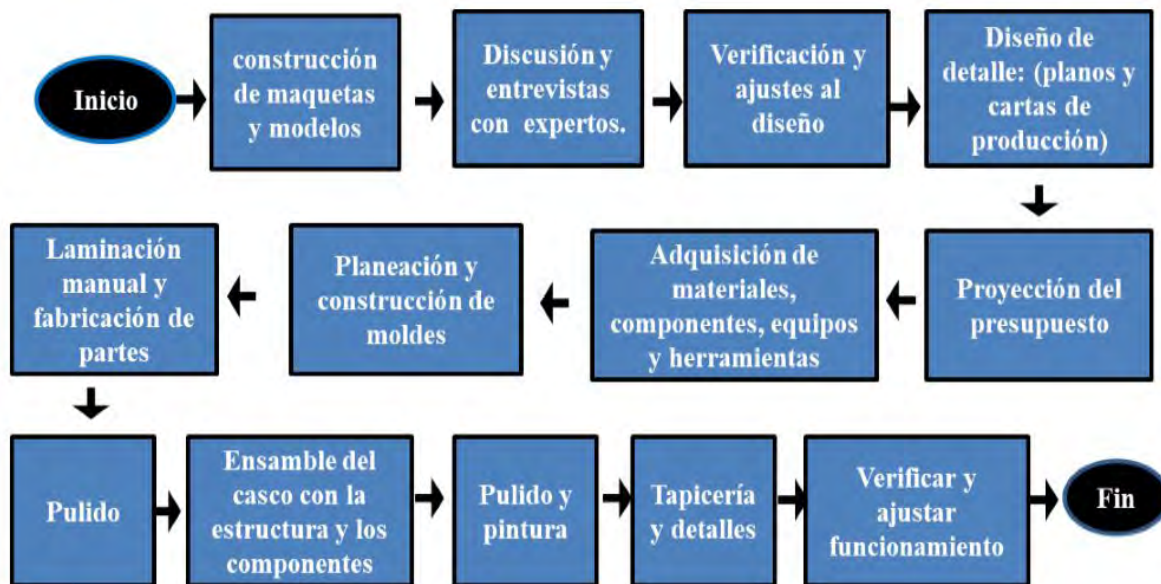


Figura 1. Proceso de manufactura.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusiones

La propuesta de laboratorio móvil final (ver Figura 2) es un dispositivo fabricado en material compuesto de una matriz polimérica y un refuerzo en fibra de vidrio y coremat, el cual se compone de tres módulos, que se ensamblan en dos modos de trabajo: uno para desarrollar prácticas de ideación y gestión del conocimiento, y otro para procesos de prototipado y fabricación (fab-lab). Cuenta con 13 prestaciones, las cuales fueron seleccionadas para cumplir diferentes funciones en los talleres y las diferentes etapas de los procesos de formación. Los tres módulos se pueden separar y ensamblar, lo que facilita su movilidad y transporte en vehículos de baja capacidad de carga.



Figura 2. Laboratorio móvil de innovación y co-creación.
Fuente: Elaboración propia.

Este laboratorio funciona como un puesto de trabajo adaptable a diferentes espacios, cada compartimiento brinda diferentes utilidades como lo son: base refrigerante para computador y compartimiento para insumos (cargadores, memorias, modem, diademas, disco duro), kit de innovación con más de 20 herramientas metodológicas para la gestión de la innovación y el conocimiento, para el aprendizaje de presentación de productos cuenta con un kit de fotografía (cámara fotográfica, cámara de video, trípode y accesorios), kit de insumos (marcadores, colores, tijeras, reglas, notas adhesivas, puntos de votación, pito...), proyector de imagen, múltiples salidas eléctricas con control de picos y batería para el cuidado de los equipos, dispensador de pliegos de papel bond, impresora 3D, base para escaneo 3D, kit de robótica y kit para carpintería, 8 Tablet y un compartimiento adicional. Esta herramienta permite promover, dinamizar, facilitar y acercar procesos para la gestión del conocimiento y la tecnología en municipios provenientes rurales, en los cuales se quieren ayudar a establecer negocios fundamentados en la innovación que aporten al desarrollo económico, social y ambiental en los territorios más alejados de las grandes urbes y que presenten dificultades de acceso a estos recursos.

La Tabla 1, muestra algunos de los principales defectos presentados en la laminación de las partes fabricadas en material compuesto, a partir de los cuales se tomaron medidas correctivas en los procesos de producción.

Tabla 1.
Análisis de calidad de las partes fabricadas en material compuesto.

TIPO DE ESFUERZO	#	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
B Picadura	16	16	34	34
D Mancha	7	23	14	48
J Alabeo	6	29	12	60
G Vejiga	5	34	10	70
F Afloramiento	4	38	8	78
C Mala adherencia	3	41	6	84
K Amarilleo	3	44	6	90
A Arrugamiento	2	46	4	94
E Estrías	2	48	4	98
H Ralladuras	1	49	2	100
Total	49	49	100	100

Fuente: Elaboración propia.



Conclusiones

La accesibilidad del conocimiento vanguardista, estimula la capacidad creativa de las poblaciones y permite la equiparación de oportunidades para los ciudadanos y ciudadanas generando espacios físicamente seguros, pensado para la población con limitaciones físicas, económicas y sociales

La innovación educativa, vista como una oportunidad para el cambio y la construcción social a partir de su arraigo cultural.

A nivel nacional e internacional existe un fuerte impulso y desarrollo de espacios colaborativos, donde los diferentes actores pueden materializar y monetizar sus ideas o iniciativas sociales, culturales, ambientales y/o empresariales en diversos contextos (apuestas o vocaciones productivas) y con enfoques particulares (educación, gobierno, sociedad, etc.).

El territorio boyacense podrá contar con una herramienta estratégica para la modelación y prototipado de negocios de innovación, dotada de los elementos necesarios para realizar talleres ágiles de co-creación, el cual se podrá llevar de manera fácil y segura a cualquier parte del territorio.

Esta herramienta, brindará un aporte significativo a la democratización de la ciencia, la tecnología y el conocimiento en lugares aledaños y a poblaciones con difícil acceso a estos recursos, los cuales son de gran importancia para el desarrollo social, económico y ambiental de Boyacá, mejorando así la calidad de vida de la comunidad.

Dentro del diagnóstico regional se logró, por un lado, identificar problemáticas, necesidades y oportunidades comunes entre los municipios que participaron de un programa piloto; por otro, reconocer un alto potencial de desarrollo de retos, conceptos y proyectos innovadores en los sectores agrícola, pecuario, minero y turístico.

Este laboratorio móvil, busca acercar el diseño y los negocios innovadores a la población que tiene limitaciones de acceso a la educación en tecnología y generar diferentes oportunidades para idealizar su futuro, identificando oportunidades de emprendimiento que puedan impactar su cotidianidad, y generar arraigo por los territorios y recursos propios de cada municipio.

Referencias

Pérez, Ana; Barbetti, Pablo (2007). Procesos de Desarrollo Local en la región NEA: Una aproximación teórica y empírica. *Cuaderno urbano: espacio, cultura y sociedad*, (6), 31-54.

Desarrollo de un aparato ortopédico para tratamientos de terapia física

Development of an orthopedic device for physical therapy treatments

Modalidad: Poster

Haner Arley Pirabaguen-Hernández¹
Edwin Yesid Gómez-Pachón¹
Jhon Fredy Moreno Nossa^{1*}
Sergio David Mérida-Gómez²
Jorge Armando Riaño-Díaz²
Carlos Alberto Cardenas-Arevalo²
Aristides David Archila-Cordero²
Holman David Puerto Rojas²

¹ Facultad Duitama, Escuela de diseño industrial, Grupo de investigación Diseño, innovación y Asistencia Técnica de Materiales avanzado-DITMAV Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Duitama, Boyacá. Correo electrónico: jhon.moreno03@uptc.edu.co

² Facultad Duitama, Escuela de diseño industrial, Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Duitama, Boyacá.

Resumen

En la terapia física en la Clínica de Especialistas en Sogamoso se hace rehabilitación a pacientes con lesiones en las vértebras que le impiden levantarse o caminar, la cual se lleva a cabo con ortesis inadecuados según los requerimientos de la terapia, que generan incomodidades y esfuerzos tanto al paciente como al fisioterapeuta y tienen costos elevados. Se determinó dar solución a la problemática por medio del diseño y elaboración de ortesis que cumplan con los requerimientos de la fisioterapia, le den seguridad, estabilidad y comodidad al paciente. La elaboración de una estructura en acero recubierta y aislada en materiales poliméricos por medio de impresión 3D permitió generar una alternativa con características adecuadas para el objeto, debido a que poseen gran variedad de propiedades mecánicas. Se diseña y configura unas ortesis con unas características en su mecanismo que le permiten desempeñar su función de manera óptima con la fisioterapia. Asimismo, se logra la eliminación del esfuerzo físico realizado por el fisioterapeuta y el acompañante del paciente al levantarlo, y de igual manera, se logra que el paciente pueda ir de una posición sedente a una posición bípeda, mantenerse de pie y caminar, esto con comodidad y facilidad en su uso.

Palabras clave: fisioterapia; ortesis, ortopédico, polímeros.

Introducción

La investigación se encaminó hacia el desarrollo de unas ortesis que ayuden a la recuperación por fisioterapia de personas con lesiones en vertebras, por medio de la utilización de materiales poliméricos y acero en su parte estructural.

Por lo general, estas fisioterapias no se realizan de manera adecuada para el paciente, además de ser muy costosas, debido a que el paciente debe adquirir las ortesis por encargo a su medida, las cuales solo le brindan la posibilidad de mantener sus piernas rectas. Por esta razón el fisioterapeuta debe hacer esfuerzos físicos al realizar su trabajo.

En el diseño y configuración de estas ortesis se encuentra un gran potencial en los materiales poliméricos para cumplir las funciones mecánicas que estas requieren, además de facilitar su elaboración por medio de la impresión 3D, se experimentó la variedad de materiales poliméricos de impresión, sus densidades, flujos de inyección y rellenos para su conformación estructural.



Materiales y Métodos

Se utilizaron materiales poliméricos mediante la impresión 3D como:

Poliácido láctico (PLA) en filamento de 1,75 mm (Bimek) para partes sin esfuerzo mecánicos y recubrimientos para acabados estéticos.

Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), 1,75 mm (3D Bots) para las partes con posibles impactos, pero con acabados estéticos.

Poliestireno de Alto Impacto (HIPS), 1,75 mm (Bimek) para partes de ajuste con la pierna, además de ser zonas propensas al impacto.

Tapete antiderrapante PVC (easy) para superficie en contacto con el suelo. Tela neopreno (LATINPORT) para superficies en contacto con la piel.

Platina de acero 1/4 1020 (Deaceros) para la parte estructural.

Se utilizó la máquina de impresión 3D de la empresa Momento 3D en la ciudad de Bogotá, en la que se realizaron las diferentes pruebas de impresión de los materiales poliméricos utilizados. Además, se realizaron torres de temperatura para encontrar las temperaturas ideales del material a trabajar y las velocidades adecuadas. Los demás parámetros de impresión se dieron en torno a las funciones mecánicas que soportaría la pieza a imprimir. La parte estructural fue realizada en el taller de metales de la universidad pedagógica y tecnológica de Colombia (UPTC) seccional Duitama.

Resultados y discusiones

Se desarrolló un prototipo de ortesis con diferentes materiales poliméricos cumpliendo así con los requerimientos de diseño establecidos, la versatilidad de la impresión 3D permitió la manufactura del elemento, porque está dada para prototipos personalizados y de baja producción, ya que es un proceso rápido. No obstante, si se realiza a nivel industrial este tipo de proyectos se deberá cambiar la técnica.

Para el prototipado en 3D se obtuvieron los resultados descritos en la Tabla 1 en la impresión de las piezas en cada material.

Tabla 1.
Tabla de variables de materiales impresos en 3D

Polímero	Temperatura de impresión	Velocidad de impresión	Tipo de relleno Estructural	Porcentaje de relleno	Boquilla de extrusión
PLA	200°-205°	65 mm/s	Panal	25 %-30 %	0,2 mm
ABS	235°-240°	60 mm/s	Triangular	50 %-60 %	0,2 mm
HIPS	235°-245°	60 mm/s	Triangular	45 %-60 %	0,2 mm

Fuente: elaboración propia

Se usó un mecanismo de trinquete y uñeta (ver Figura 1), para permitir la flexión en la rodilla del paciente sin lastimar ni forzar la columna vertebral, complementado con una parte estructural que es el cuerpo de las ortesis (ver Figura 2) capaz de resistir pacientes de 100 kg.

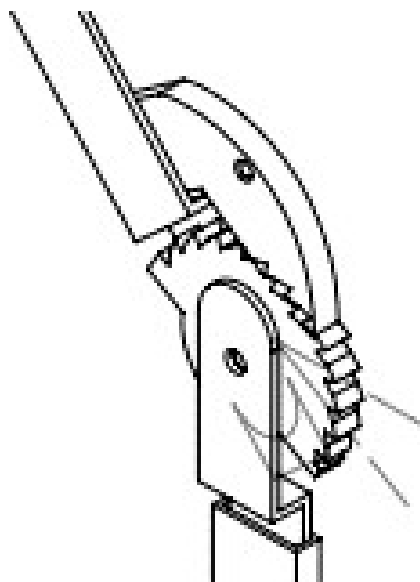


Figura 1. Estructura de la ortesis.
Fuente: elaboración propia



Figura 2. Mecanismo de trinquete y uñeta
Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Los materiales poliméricos utilizados en las ortesis dieron un buen resultado frente a las fuerzas a las cuales están sometidas en la fisioterapia, el recubrimiento de material polimérico permitió disminuir los costos de las ortesis y a su vez evita que el usuario entre en contacto con la estructura en acero, previniendo sarpullido, alergias y enfermedades dermatológicas.

Entre estos materiales se resalta el uso de PLA y ABS, siendo este el 95 % de materia prima de estas impresoras 3D ya que son materiales de buena resistencia mecánica y fácil manejo.

El 5 % faltante lo componen materiales como el TPU, PEGT, PP, HIPS, NAYLON y algunas variaciones de los mismos (Molina,Osejo, 2016).



Agradecimientos

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) por la prestación de sus talleres de metales y polímeros.

Al Instituto de Investigación e Innovación para el desarrollo tecnológico (CIMADI) por la prestación de sus instalaciones y maquinas en el desarrollo experimental

Y a todos los docentes del grupo de investigación DITMAV que de una u otra forma colaboraron con la realización de este proyecto.

Referencias

Molina,Osejo, J. V. (2016). *Caracterización de materiales termoplásticos de ABS y PLA semi - rígido impresos en 3D con cinco mallados internos diferentes* (Tesis de maestría). Escuela politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/13064>

Evaluación del efecto de la aplicación de un recubrimiento de quitosano-aloe vera sobre la tasa de respiración de la uchuva (*Physalis Peruviana L.*)

Evaluation of the effect of the application of a coating of chitosan-aloe vera on the rate of respiration of cape gooseberry (*Physalis Peruviana L.*)

Modalidad: Poster

Jaqueline García Celis¹
Keidy Viviana Ortega Muñoz²
Waiber Perlaza Esterilla³

¹ SENA, GIDEMP, calle 52 #2Bis-15, Cali, Colombia. jaqgarciac@sena.edu.co

² SENA, GIDEMP, calle 52 #2Bis-15, Cali, Colombia

³ SENA, GIDEMP, calle 52 #2Bis-15, Cali, Colombia

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo general evaluar el efecto que tiene la aplicación de un recubrimiento de quitosano-Aloe Vera sobre la tasa de respiración de la uchuva, y pretende: 1- Estandarizar el método para la determinación de la tasa de respiración de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) mediante la técnica volumétrica, y 2- Determinar la variación de tasa de respiración de las uchuvas con recubrimiento aplicado por el método de aspersión. Se utilizaron uchuvas provenientes de cultivos de la zona de Silvia (Cauca, Colombia), entregadas con su capacho, directamente por indígenas de la zona, estas fueron seleccionadas por tamaños de 1 cm aproximadamente, teniendo en cuenta las características que se definen en la norma NTC 4580. El recubrimiento fue preparado con una mezcla de Quitosano disuelto en Vinagre al 1 % y Aloe Vera previamente extraída y estabilizada, en una relación 80:20, respectivamente. Los resultados obtenidos hasta el momento destacan valores de tasa de respiración del primer día con valores de 27,93 mg CO₂/ kg/h para uchuvas con recubrimiento y 89,00 mg CO₂/ kg/h para uchuvas sin recubrimiento. Con los resultados se concluye que la aplicación del recubrimiento logra disminuir la tasa de respiración del fruto en un porcentaje entre 26 y 86 %.

Palabras claves: recubrimiento; tasa de respiración; uchuva; exportación, aloe vera; quitosano.

Introducción

La uchuva (*Physalis Peruviana L.*), que pertenece a la familia de las *solanáceas* y al género *Physalis*, cuenta con más de 80 variedades que se encuentran en estado silvestre y que se caracterizan porque sus frutos están encerrados dentro de un cáliz o capacho que protege al fruto contra insectos, pájaros patógenos y condiciones climáticas extremas (Mendoza; Rodríguez; Millán, 2012). Esta es una de las pocas especies donde el fruto se forma y permanece dentro del cáliz durante todo su desarrollo, situación que indica la importancia que tiene el cáliz durante la pre y poscosecha (Balaguera-López; Martínez; Herrera-Arévalo, 2014). El tiempo de vida de la uchuva con capacho es de un mes mientras que sin capacho es de 4 a 5 días aproximadamente (Caballero; Ortiz; Maldonado; Rivera, 2011).



La pérdida de calidad en los productos hortícolas desde su cosecha hasta la comercialización es uno de las principales limitantes (Kader, 2002), se estima que, en Colombia, estas pérdidas pueden alcanzar en postcosecha hasta el 30 % de la producción (CCI, 2006).

El cultivo de uchuva, es una alternativa de producción para la economía de muchos países dentro de los cuales se encuentra Colombia, debido a que presenta buenas perspectivas e interés en los mercados internacionales (Fischer; Almanza-Merchán; Miranda, 2014), en los últimos 5 años, la producción de uchuva en Colombia ha tenido un crecimiento del 42,41 %, las exportaciones en el último año han crecido un 18 % donde los principales importadores de uchuva colombiana en 2018 fueron: Países Bajos (58 %), Alemania (11 %) y Reino Unido (11 %) (Procolombia, 2017), y para el año 2018 Colombia exportó a Estados Unidos 700 toneladas de uchuvras, la meta este año es superar esa cifra y exportar al menos 1.000 toneladas; los envíos desde Colombia hasta Estados Unidos crecerán un 42 % para este año (2019). (González, 2019)

La uchuva, es un fruto muy apetecido en los mercados internacionales, sin embargo, se clasifica como un fruto climatérico (Ávila; Moreno; Fischer; Miranda, 2006), razón por la cual los procesos de maduración se llevan a cabo de forma acelerada en condiciones naturales, dando paso al estado de senescencia de los tejidos, lo que conlleva la reducción de la calidad y la vida útil de los frutos (Paliyath; Murr; Handa; Lurie, 2008). En algunos frutos el inicio de la maduración está acompañada por el aumento de la intensidad respiratoria (tasa de respiración) y la producción de etileno, la cual llega a su máximo cuando el fruto está completamente maduro, es decir, cuando llega a su madurez de consumo a partir de aquí el fruto inicia su proceso de degradación.

Lo anterior motiva la búsqueda de alternativas que ayuden a mejorar la vida postcosecha de fruto, disminuyendo pérdidas de características físicas y químicas que son de mucha importancia para mantener esa preferencia del consumo del fruto. Lo que se busca con esta investigación es ofrecer una alternativa que lo que hará es disminuir la intensidad respiratoria del fruto, aplicando por el método de aspersión, un recubrimiento a base de quitosano y aloe vera. Lo que hará este recubrimiento es formar una barrera protectora contra los gases CO_2 y O_2 permitiendo que el fruto disminuya su tasa de respiración y por ende su vida útil aumente. La tasa de respiración se determina mediante la técnica volumétrica y es expresada en $\text{mg de CO}_2 / \text{Kg} \cdot \text{H}$; logrando evidenciar claramente la efectividad del recubrimiento sobre el fruto mostrando un porcentaje de reducción de la tasa de respiración del fruto entre 26 % hasta un 86 %.

Materiales y Métodos

Preparación del recubrimiento: Se hizo una sanitización de la sábila, donde se dejó sangrar por 12 horas, luego se le retiró la cáscara y se lavó con abundante agua, posteriormente se licuaron los cristales de la sábila y se tamizó, se llevó a pasteurización durante 45 minutos a baño maría a una temperatura de 70 °C. Concluido este tiempo se sacó y se dejó reposar, posteriormente se le adicionó ácido ascórbico, ácido cítrico y glicerina; se pesó una cantidad de quitosano y se mezcló con una solución de vinagre al 1 % para finalmente mezclar el *Aloe Vera* con el Quitosano en solución (Guancha-Chalapud; Caicedo; Ruiz; Valencia, 2016).

Preparación del de la muestra: Se tomó la muestra (uchuva) con su capacho integrado, se hizo la remoción del mismo sin quitar su pedúnculo de más o menos 25 mm, posterior a esto se lavó con abundante agua, se secaron y se empezó a colgar en un aro metálico, se agregó recubrimiento al tanque de un aerógrafo; la aplicación se llevó a cabo por triplicado, una capa cada 15 minutos a una distancia aproximada de 1 m con la finalidad de hacer la aplicación lo más homogénea posible.

Preparación de soluciones: El HCl y NaOH con su respectiva estandarización (HCl con Na_2CO_3 y el indicador naranja de metilo) y (NaOH con HCl y dos (2) indicadores para su estandarización verde bromocresol y fenolftaleína); donde se tomó como estandarización inicial la de NaOH ya que es la sustancia que permite atrapar el CO_2 .

Evaluación tasa de respiración: Para la evaluación de la tasa de respiración se usa la técnica de valoración volumétrica, donde se usaron tres erlenmeyers de 500 mL en los cuales se agregaron en el primero aproximadamente 60 g de uchuvras con recubrimiento, en el segundo aproximadamente 60 g de uchuvras sin recubrimiento y el tercero aproximadamente 50 g de canicas que se tomaron como "Blanco". Luego se adicionaron 12 mL de NaOH en un tubo de ensayo y se colocaron

dentro de los erlenmeyer, posteriormente se usó un tapón de goma junto a él se incorporó un tubo en U con la finalidad de sellar y no permitir el paso del CO_2 , se agregó un poco de vaselina en los bordes del Erlenmeyer garantizando de que no hubiera fuga, el otro extremo del tubo en U se introdujo en un beaker de 250 mL con abundante agua, el cual se introdujo en un plato de aluminio también lleno de agua para que se refrigerara. Este montaje se dejó por un tiempo de 45 minutos y se procedió con la estandarización del NaOH que se encontraba dentro de cada erlenmeyer. Finalmente se realizaron los cálculos pertinentes para determinar la tasa de respiración de la uchuva y este valor se da en unidades de $\text{mg de CO}_2/\text{Kg}^*\text{h}$.

Resultados y discusiones

Los valores de tasa de respiración obtenidos oscilan en entre 59 y 130 $\text{mg CO}_2/\text{kg h}$ para uchuvas sin recubrimiento y entre 26,5 y 56,1 $\text{CO}_2/\text{kg h}$ para Uchuvas con recubrimiento, lo que muestra definitivamente que el efecto de la aplicación del recubrimiento es la reducción en la tasa de respiración, lo que conllevaría a disminuir el metabolismo del fruto y por ende un aumento en su tiempo de vida útil.

En la Figura 1, se observa el comportamiento de la tasa de respiración que presenta el fruto con recubrimiento y sin recubrimiento, donde es claro que para el fruto con recubrimiento está por debajo de la del fruto sin recubrimiento, reduciéndose entre un 50 % y 75 %.

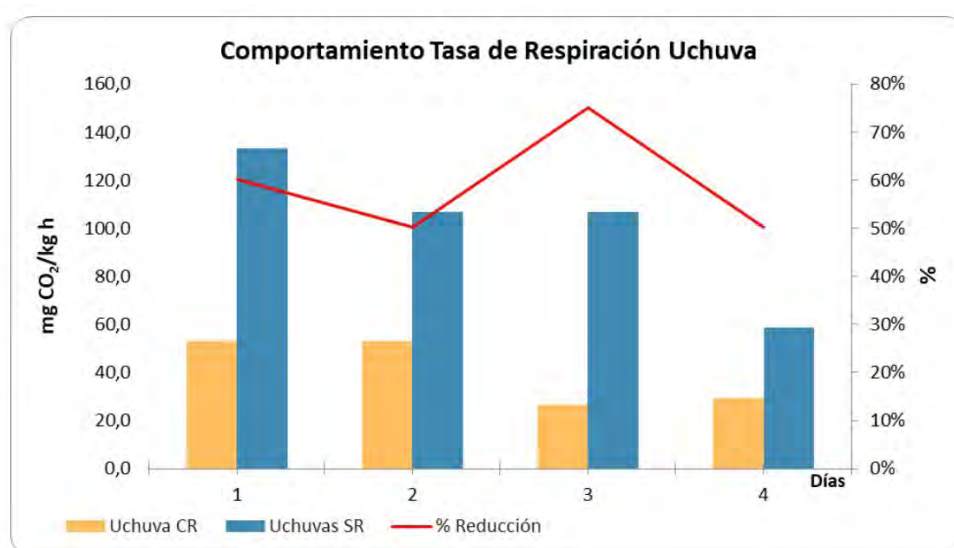


Figura 1. Comportamiento tasa de respiración de la uchuva durante una semana de evaluación.
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

El comportamiento de la Tasa de Respiración de las uchuvas se reduce cuando se aplica el recubrimiento a base de Quitosano-Aloe Vera por el método de aspersión, esta reducción se da en un rango del 50 % al 75 %, mostrando de esta manera el efecto positivo del recubrimiento sobre el fruto lo que permitirá un aumento en su vida útil.

Dada la variación observada en los datos obtenidos durante la etapa experimental se ve la necesidad de realizar una validación del método de determinación y de esta manera repetir de nuevo la fase experimental.



Agradecimientos

Este trabajo se desarrolló gracias al apoyo del Centro ASTIN-SENA, al Grupo de Investigación en Desarrollo de Materiales y Productos (GIDEMP) especialmente a Marcelo Guancha y a al programa de Tecnoacademia por facilitarnos las instalaciones del laboratorio para la realización de algunos de los análisis.

Referencias

- Ávila, Jhonn; Moreno, Paola; Fischer, Gerhard; Miranda, Diego (2006). Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (*Physalis peruviana* L.), almacenada a 18°C. *Acta Agronómica*, 55(4), 29-38. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/477/928
- Balaguera-López, Helber; Martínez, Claudia; Herrera-Arévalo, Aníbal (2014). Papel del cáliz en el comportamiento poscosecha de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) ecotipo Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 181-191. <https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i2.3212>
- Caballero, Luz; Ortiz, Laineke; Maldonado, Yohanna; Rivera, Maria (2011). Valoración de las características físicas de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) comercializada en el municipio de Pamplona. *Alimentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 9(1), 49-55.
- Corporación Colombiana Internacional (CCI). (2006). *Plan Hortícola Nacional-PHN (2006-2010)*. Recuperado de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_28_PHN.pdf
- Fischer, Gerhard; Almanza-Merchán, Pedro; Miranda, Diego (2014). Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*. 36(1), 1-15. Doi:10.1590/0100-2945-441/13.
- González, Ximena (2019). *Agronegocios.co*. Los Envíos de Uchuva desde Colombia a Estados Unidos Crecerán 42% este año. *Agronegocios*. Recuperado de <https://www.agronegocios.co/agricultura/los-envios-de-uchuvas-desde-colombia-a-estados-unidos-creceran-42-este-ano-2843978>
- Guancha-Chalapud, Marcelo; Caicedo, Carolina; Ruiz, Eliana; Valencia, Maria (2016). Propiedades de conservación: recubrimiento a base de quitosano y aloe vera aplicado en papa criolla (*Solanum phureja*). *Informador Técnico*, 80(1), 9-19. doi: <https://doi.org/10.23850/22565035.325>
- ICONTEC. (1999). NTC 4580 Frutas frescas. Uchuva, especificaciones.
- Kader, Adel (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. Division of Agriculture and Natural Resources, ANR Publications, University of California, Oakland, CA. 3rd ed.
- Mendoza, Jaime; Rodríguez, Aida; Millán, Patricia (2012). Caracterización fisicoquímica de la uchuva (*Physalis peruviana*) en la región de Silvia Cauca. *Bioteología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 10(2), 188-196.
- Paliyath, Gopinadhan; Murr, Dennis; Handa, Avtar; Lurie, Susan (Eds.). (2008). *Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables, and Flowers*. New Delhi, India: John Wiley & Sons, Ltd., Publication.
- Procolombia. (2017). *Uchuva (Goldenberry)*. Recuperado de http://www.procolombia.co/docs/int-procolombia/es/exportaciones/ficha_uchuva_final.pdf

Procesamiento y desempeño de materiales nanocompuestos poliméricos

Processing and performance of polymeric nanocomposite materials

Modalidad: Comunicación oral

Antonio Sánchez Solís¹

¹ Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado Postal 70-360. Correo electrónico: sancheza@unam.mx

Resumen

La nanotecnología es la tecnología que se ocupa de los procesos que toman lugar a escala nanométrica. Crece rápidamente concentrada en la invención de materiales funcionales, inteligentes y sistemas que controlen la materia y la explotación de este nuevo fenómeno a esta escala. Es importante porque es relativamente barata, segura y limpia, así como la relación de propiedades/costo son altas. En el área de polímeros incluye, entre otros, a biomateriales, nanopartículas para liberación de drogas, miniemulsiones, electrodos de celda de combustible, catálisis, películas capa por capa, nanofibras, mezclas de polímeros y nanocompuestos. En estos últimos, la matriz polimérica contiene a las cargas o refuerzos que son hasta de 100 nanómetros. Dentro de estos materiales los nanocompuestos de polímero y arcilla han atraído mucho la atención debido a las propiedades mejoradas de estabilidad dimensional, deflexión a la temperatura, barrera a los gases, retardancia a la flama y propiedades mecánicas, comparadas con los polímeros puros o compuestos micrométricos convencionales. Toyota presentó el primer nanocompuesto comercial exitoso en los años 90's con arcilla modificada con alquilamonio y matriz de nylon, aunque ya desde los 70's había estudios de estos compuestos con arcilla. La incompatibilidad de las capas hidrofílicas de los silicatos y los plásticos hidrofóbicos es la primera razón para mejorar la exfoliación de los tactoides de arcilla. Después la dispersión y distribución de estas nanopartículas en la matriz polimérica es la segunda razón. Por otro lado, la conducta reológica elongacional y de flujo al corte en el estado fundido, y el fenómeno de cristalización no ha sido estudiada a fondo aunque estos conocimientos son indispensables en relación con el desempeño y procesamiento. Estos materiales son fácilmente extrudibles o moldeables simplificando su manufactura. La parte fundamental para producir nanocompuestos es tener un mezclado que permita la total interacción de las nanopartículas con la matriz polimérica, sin esto se tendrán las propiedades de un microcompuesto con pobre dispersión. La gran área de superficie de las nanopartículas crea en el nanocompuesto un gran volumen de material interfacial con propiedades diferentes al del polímero virgen. A pesar de su alto potencial los resultados no son enteramente positivos, lo que se refleja en la limitada aplicación comercial. Algunos de los problemas más recurrentes son asociados al procesamiento, la dispersión-distribución de las nanopartículas en la matriz, la modificación superficial y compatibilidad entre las diferentes fases, además de la habilidad de las nanopartículas a coalescer debido a su actividad superficial. Así entonces, hasta estos días todavía no es totalmente claro qué tanto influye la interacción entre nanopartículas y matriz polimérica en las propiedades finales del producto. Sin embargo, estos materiales abren nuevas posibilidades de aplicación en la áreas de biomedicina, almacenamiento de energía, barrera a los gases, antimicrobiales, biodegradables, magnéticas, ópticas, biosensores, propiedades térmicas, etc., seguramente la investigación en este campo seguirá creciendo de manera sostenida durante algunas décadas más. En esta plática tocaremos varias aristas, desde definiciones, materias primas, procesamiento, desempeño, la importancia del mezclado en la dispersión-distribución de las cargas en la matriz y por último las aplicaciones y productos.



Reología en procesos industriales de manufactura de materiales híbridos

Rheology in industrial processes of manufacturing of hybrid materials

Modalidad: Comunicación oral

Octavio Manero¹

¹ Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM

Resumen

En esta plática se expondrá el método de preparación de un nuevo material híbrido basado en la arcilla montmorillonita y geles poliméricos. Estos materiales se pueden emplear como acarreadores de fármacos. Su síntesis y caracterización involucra la obtención de materiales estructurados de micropartículas de lípidos y geles con la arcilla. El material híbrido se caracterizó por medio de pruebas de análisis térmico, espectroscópicas, microscópicas y pruebas reológicas, además de su capacidad de control de la liberación de fármacos in vitro. La morfología del material híbrido corresponde a una tipo “frambuesa” con absorción de las nanopartículas de arcilla sobre la superficie de las micropartículas de gel, causada por atracciones electrostáticas. A valores de pH más bajos que el punto isoeléctrico, las eficiencias de liberación fueron superiores al 67 %, de tal forma que se ejerce un control sobre el mecanismo de liberación con el nivel del pH. En el ambiente estomacal, la liberación se restringe, lo que permite la liberación de sustancias como la Atorvastatina en el tracto intestinal. Esta acción del material híbrido protege a los fármacos en el estómago para ser absorbidos en la región intestinal - colónica, que es donde se espera que se libere con mayor eficiencia.

Comparación de la relajación mecánica y dieléctrica en materiales poliméricos

Comparison of mechanical and dielectric relaxation in polymeric materials

Modalidad: Comunicación oral

L.F. del Castillo¹
S.I. Hernández²
Abel García-Bernabé³
V. Compañ³
C. Caidedo⁴

¹ Departamento de Polímeros, Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad Universitaria, Apartado Postal 70-360, Coyoacán, Ciudad de México, 04510, México.

² Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación-Juriquilla, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), CP 76230, Querétaro, México.

³ Departament de Termodinàmica Aplicada, Universitat Politècnica de València, Campus de Vera s/n. 46022-Valencia, Spain.

⁴ Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria, Astin-SENA. Grupo de investigación en Materiales y Productos- GIDEMP, Calle 52 No. 2 Bis -15 Cali, Valle. Colombia.

En este trabajo se presenta la analogía entre las funciones de respuesta dependientes de la frecuencia, tanto de la relajación mecánica como dieléctrica en materiales poliméricos. Para ello efectuamos una presentación histórica de la representación de la dependencia de los módulos de relajación con el tiempo usando potencias fraccionales.

Se hace hincapié en el mecanismo molecular que subyace en los resultados experimentales que se obtiene desde la perspectiva de ambas espectroscopías. Se discute la separación entre los efectos; a saber, de memoria y del efecto de saltos entre trampas metaestables. El primero corresponde a los mecanismos internos de relajación, los cuales dan lugar a las contribuciones de superposición de Boltzmann, y el segundo al del tránsito temporal fractal o de saltos correlacionados.

A este respecto, la relajación llamada Cole-Davison es la representante de los efectos de memoria. En cambio, la relajación denominada Cole-Cole es la representante de la relajación por saltos entre trampas metaestables.

La discusión efectuada se centra en la descripción fraccional de las respuestas tanto dieléctricas como mecánicas. El módulo mecánico se equiparará con la constante dieléctrica en el plano de frecuencias. Finalmente, se analiza la posibilidad de relacionar los resultados de ambas espectroscopías.

Agradecimiento al proyecto DGAPA-PAPIIT IG-100618, por el apoyo recibido.



RHEO-RAMAN: The approach to describe molecular structure with mechanical properties of materials

RHEO-RAMAN: El enfoque para describir la estructura molecular con propiedades mecánicas de los materiales

Modalidad: Comunicación oral

Abel Gaspar-Rosas¹

¹ TA Instruments-Waters LLC, 159 Lukens Drive, New Castle, DE. USA.
agr@tainstruments.com

Resumen

Raman spectroscopy, simultaneously combined with rheology experiments, provides information critical to properly understand the molecular structure and its cohesive force and this elucidates intermolecular interactions of pure components and mixtures. This powerful combination can describe and quantify the crystallinity and conformation order of materials.

Key words: molecular structure, raman spectroscopy rheology

Introduction

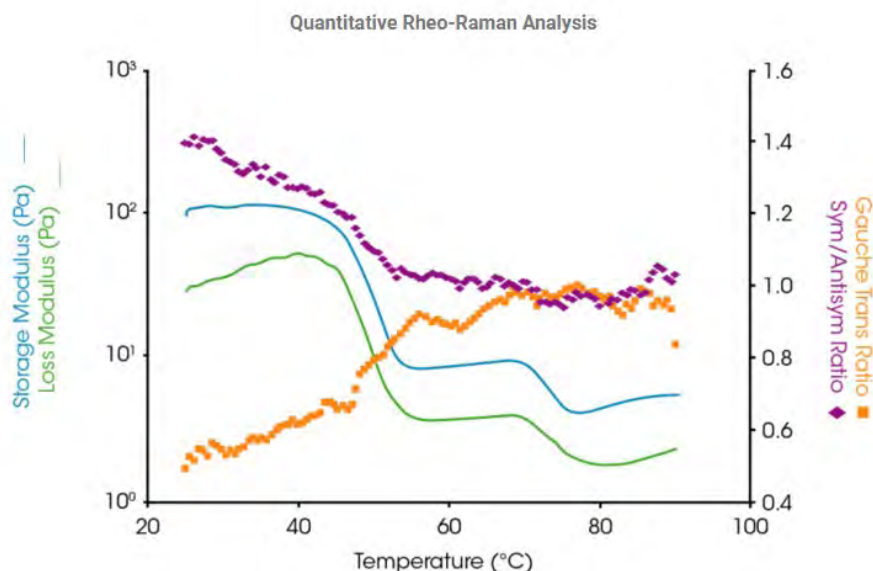
Rheology experiments simultaneously combined Raman spectroscopy provide critical information for a better understanding of the viscoelastic response of a structure subjected to thermo-rheological tests according to its molecular structure composition. The powerful combination of these techniques can describe and quantify conformation orders of materials.

Materials and methods

A cosmetic lotion placed between parallel plates was exposed to a heating rate of 1°C/min from 25 to 90 °C while controlling a 1 Hz oscillatory strain at 0.1 % with an advanced SMT rheometer coupled with a Rheo-Raman Accessory operating at 2.5 s exposure, 10 s averaging, 50 µm slit to simultaneously determine viscoelastic and molecular order information through Raman Intensity and Raman Shift values.

Results and discussion

The graph below shows a direct link between thermally initiated changes in molecular order and viscoelastic properties of a cosmetic lotion exposed to a heating rate.



Conclusiones

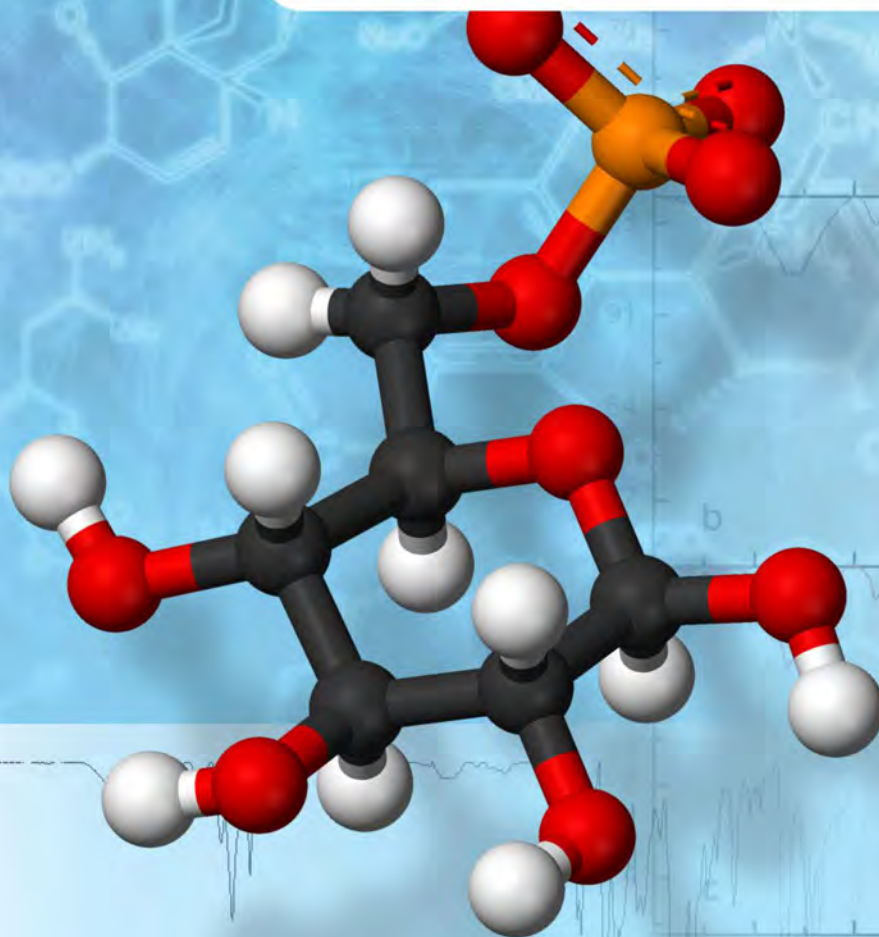
The viscoelastic (G' , G'') variations can be related to precise order/disorder of Alkyl chains as a function of temperature.

Acknowledgement

David Bohnsack, Rheology Product Manager, TA Instruments – Waters LLC USA.

References

- Gurvinder, S. B.; Rakesh, M.S. (2016). Raman spectroscopy– Basic principle, instrumentation and selected applications for the characterization of drugs of abuse. *Egyptian Journal of Forensic Sciences* 6(3), 209–215
- Kotula, Anthony; Meyer, Matthew; De Vito, Francesca; Plog, Jan; Hight-Walker, Angela; Migler, Kalman (2016). The rheo-Raman microscope: Simultaneous chemical, conformational, mechanical, and microstructural measures of soft materials, *Review of Scientific Instruments*, 87, 105
- McKinley, G.K. Rheological Fingerprinting of Complex Fluids TA Instruments Webinar, 09.04. 2013
- Plog, J.P. (2017) Simultaneous Rheology and Raman Spectroscopy Part 1: Stress, Strain, and Temperature ThermoFisher Scientific.



Revista Informador Técnico, Volumen 83 n2 - Suplemento I- 2019

V Simposio de Materiales Poliméricos - 28 y 29 de Octubre de 2019, Cali - Colombia

CONTENIDO

Extracción de bisfenol a contaminante en tickets de papel térmico mediante extracción Soxhlet.....	64
Eduard Flórez, José Gutiérrez	
Evaluación de la extracción de poli (3-hidroxibutirato) de células de <i>B. Cepacia B27</i> con solventes no-halogenados	69
Andrés Ramos, Armando Espinosa, Iván Cabeza, Nubia Moreno-Sarmiento	
Síntesis y caracterización de bases de schiff a partir de isómeros meta y para de fenilendiamina	76
Ingrid Zambrano, Stiweñ Rendón, Andrés Amaya, Yenny Ávila, Edwin Flórez	
Funcionalización de polioleofinas en estado fundido	81
Carolina Caicedo, Edwin A. Murillo	
Uso de materiales poliméricos como soporte para capas de óxidos metálicos auto desinfectantes	83
Cesar Pulgarín	
De la idea a la innovación: material antifiama de resina poliéster con fibra de vidrio	84
Alfredo Maciel	



Extracción de bisfenol A contaminante en tickets de papel térmico mediante extracción Soxhlet

Extraction of contaminant bisphenol A in thermal paper tickets using Soxhlet extraction

Modalidad: Poster

Eduard Flórez^{1*}
José Gutiérrez^{1*}

^{1*} Universidad Industrial de Santander, Laboratorio de Química Industrial (LQI), Cra 27 Calle 9
Ciudad Universitaria, Bucaramanga, Colombia. jcgutierrez.quimico@gmail.com

Resumen

El bisfenol A (BPA) es un monómero empleado en la fabricación de policarbonato y resinas epoxi por lo cual es fabricado extensivamente a nivel mundial. No obstante, el BPA tiene un aspecto poco deseado ya que diversos estudios lo relacionan con distintas enfermedades especialmente por su efecto como disruptor endocrino. Actualmente el BPA es tema de controversia entre comunidades científicas y agentes gubernamentales, específicamente en relación a su ingesta diaria admisible (IDA). Por otra parte, los tickets de papel térmico son agentes de contaminación en plantas de reciclaje de papel, en consecuencia desde el Laboratorio de Química Industrial (LQI) se empleó la extracción Soxhlet con solventes orgánicos con el fin de eliminar BPA contaminante en muestras de papel térmico usado.

Palabras clave: bisfenol A; extracción shoxlet; celulosa; disruptor endocrino.

Introducción

El bisfenol A (BPA), con nombre IUPAC 4,4'-(propano-2,2-diil) difenol, se caracteriza por tener dos grupos fenoles tal como se observa en la Figura 1. Es un monómero empleado en la fabricación de policarbonato y resinas epoxi, lo cual ha hecho de este uno de los compuestos químicos más producidos a nivel mundial con una producción mundial aproximada para el 2010 de 5 millones de toneladas (Careghini; Mastorgio; Saponaro; Sezenna, 2015) but they can enter the environment from a variety of sources. The most worrying consequence of their wide use and environmental diffusion is the increase in the possible exposure pathways for humans. Moreover, knowledge of their behavior in the environment, toxicity, and biological effects is limited or not available for most CECs. The aim of this work is to edit the state of the art on few selected CECs having the potential to enter the soil and aquatic systems and cause adverse effects in humans, wildlife, and the environment: bisphenol A (BPA). Es posible encontrar BPA en diversa cantidad de productos como pinturas, elementos de protección personal, CDs, empaques de alimentos, e incluso en dispositivos médicos como hemodializadores e incubadoras neonatales (García; Gallego; Font, 2015). No obstante, el BPA tiene un lado oscuro ya que diversos estudios han demostrado su inherencia en la salud especialmente como disruptor endocrino y se le ha vinculado con problemas de reproducción, trastornos metabólicos e incluso con cáncer (García *et al.*, 2015; Rochester, 2013).

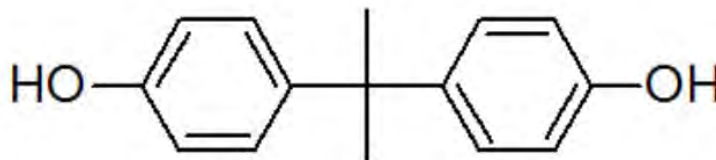


Figura 1. Estructura química Bisfenol A
Fuente: elaboración propia

En consecuencia, se debate acerca de la regulación del BPA específicamente en si las dosis a las que se está expuesto es suficiente para afectar el organismo humano; por un lado organismos gubernamentales como la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) establecen $4 \mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal por día como límite de exposición. En este orden de ideas la EFSA argumenta que no se está expuesto a estas concentraciones de tal suerte es seguro el uso de BPA en los productos cotidianos (Comisión Europea, 2018). En contraposición los estudios realizados en la regulación establecida no consideran la exposición cutánea como la generada por los tickets lo cual aporta a la exposición diaria de este agente estrogénico.

Otro aspecto a considerar es la contaminación ocurrida en las plantas de reciclaje de material celulósico donde se mezclan distintas matrices de papel y así mismo el papel térmico usado. Esto tiene como consecuencia la contaminación del papel libre de BPA y finalmente tanto el papel post consumo como las plantas de tratamiento de agua de estas industrias muestran concentraciones de BPA entre 3,2 y 46,1 ppm y 10,3 y 0,63 ppm respectivamente, las cuales son relativamente altas (Gehring; Vogel; Tennhardt; Weltin; Bilitewski, 2004; Fukazawa *et al.*, 2002; Gehring *et al.*, 2004).

En general, matrices de papel térmico contienen $2,93$ y $42600 \mu\text{g g}^{-1}$ y pocos estudios a nivel nacional acerca de estos tickets se han llevado a cabo. En ese sentido el objetivo de este trabajo es implementar y evaluar la extracción Soxhlet como técnica para eliminar este agente contaminante con el fin de reincorporar la celulosa como material post consumo.

Materiales y Métodos

Síntesis de Bisfenol A como patrón de comparación

En un condensador clásico de reflujo se calentó a $100 \pm 10^\circ\text{C}$ 10 [g] de fenol y 4 mL de acetona durante 5 horas en presencia de un catalizador ácido de ZnCl_2 en HCl . Seguidamente se llevó a cabo una extracción líquido con agua y xileno y finalmente una cristalización en xileno.

Extracciones Soxhlet

Se realizó la extracción Soxhlet empleando como extractante alcohol etílico y un aparato para extracción Soxhlet convencional. Como primera medida se pesó $37,54 \text{ g}$, se llevó a cabo la extracción manteniendo el sistema a $80 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 36 horas.

Caracterización de papel térmico

Se caracterizó el papel térmico usado inicial y el post extracción mediante espectroscopia de absorción FTIR usando un espectrofotómetro infrarrojo y la técnica de reflectancia total atenuada ATR en el rango del infrarrojo medio.

Resultados y discusiones

Tal como se observa en la Figura 2 el espectro del extracto (a) muestra gran similitud con el espectro del BPA (b) y sus diferencias radican exclusivamente en las intensidades de las bandas y en la resolución. Lo anterior posiblemente se deba a las diferencias morfológicas entre el extracto y el BPA, mientras el extracto es un sólido amorfo el BPA se encuentra en estado cristalino en forma de agujas.

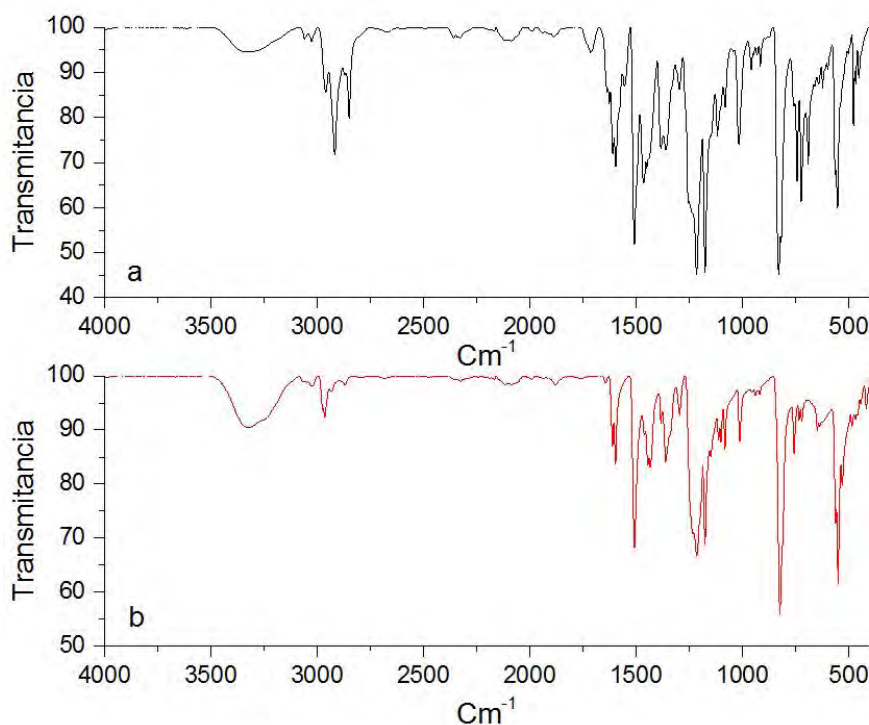


Figura 2. (a) Espectro FTIR-ATR de extracto. (b) Espectro FTIR-ATR de bisfenol A sintetizado
Fuente: elaboración propia.

Pese a lo anterior, al evaluar las bandas de transmitancia del Bisfenol A y el extracto observamos señales correspondientes a insaturaciones por encima de 3000 inherentes a aromáticos. Así mismo, bandas en 1611, 1597, 1508 cm^{-1} se relacionan con el núcleo bencílico, flexiones en el plano entre 1112 a 957 cm^{-1} (C-OH), flexiones fuera del plano C-H por debajo de 900 cm^{-1} dan idea del tipo de sustitución observada en el compuesto aromático. Aquí es posible observar que hay sustitución para y orto. Además, cabe resaltar la señal en 1215 cm^{-1} es fundamental para elucidar la estructura ya que se debe probablemente a un carbono cuaternario y así mismo las señales en 1175 y 1145 cm^{-1} son características de un grupo isopropil, además la presencia de una banda en 1384 cm^{-1} sugiere la existencia de grupos gem-dimetilos.

Por otro lado, en relación al papel post extracto se evidencia la eliminación de las bandas aromáticas inherentes al BPA tal como se observa en la Figura 3.

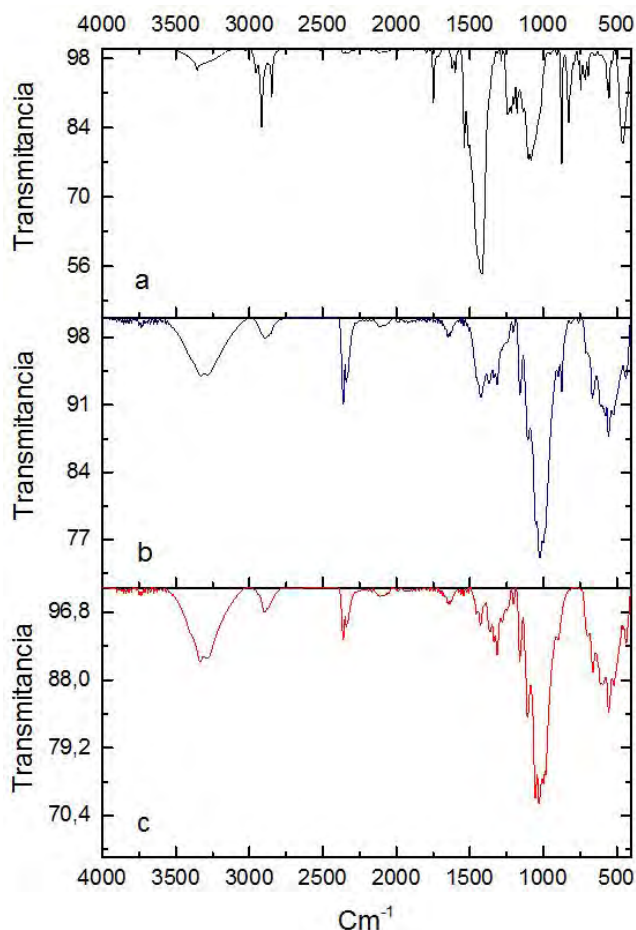


Figura 3. (a) Espectro FTIR-ATR papel térmico inicial. (b) Espectro FTIR-ATR papel térmico post extracción. (c) Espectro FTIR-ATR de celulosa en papel filtro franja azul.

Fuente: elaboración propia.

El espectro del ticket inicial (a) muestra las bandas correspondientes a la celulosa y al BPA, por lo cual en él se encuentran pequeñas señales encima en 3027 y 3055 cm^{-1} debidas al estiramiento C-H en aromáticos, señales del núcleo bencílico en 1508, 1600 y 1613 cm^{-1} . Así mismo, flexiones fuera del plano de enlaces C-H dan idea del tipo de sustitución del anillo; señales en 828 y 790 cm^{-1} sugieren sustitución para y señales en 760 y 746 cm^{-1} sugieren sustitución orto. Por otra parte, señales de tensión simétrica y asimétrica de grupos metilos se observan en 2954 y 2869 cm^{-1} respectivamente, tensiones simétrica y asimétrica de metilenos se observan en 2916 y 2847 cm^{-1} respectivamente.

Al observar el espectro FTIR-ATR del papel térmico post extracto es posible apreciar la desaparición de las bandas en 3027 y 3055 cm^{-1} inherentes a estiramientos C-H en aromáticos, así mismo señales en 1600 y 1613 cm^{-1} han desaparecido cuyos orígenes residen en vibraciones del núcleo bencílico. Lo anterior evidencia la efectividad de la extracción Soxhlet usando etanol como extractante, además es posible visualizar la similitud entre los espectros de celulosa en papel filtro y el papel térmico post extracto, así mismo al examinar las bandas del papel post extracto los números de onda se ajustan en gran medida a los observados en el de la celulosa. A pesar de lo anterior, el espectro del papel térmico post extracto evidencia un pequeño pico en 1507 cm^{-1} el cual es inherente al núcleo bencílico del BPA y no se superpone con algún pico de la celulosa lo cual implica que posiblemente no se ha limpiado completamente el papel.



Conclusiones

A partir de los espectros del BPA sintetizado y el papel post extracto se confirma la presencia de Bisfenol A en los tickets de papel térmico, además, los espectros del papel post extracto permiten evaluar la calidad de la extracción, al comparar dicho espectro con el patrón IR de la celulosa es posible concluir que la extracción Soxhlet con etanol como extractante es eficiente y permite eliminar la mayoría del BPA contaminante, no obstante existe la posibilidad de remanentes de BPA en forma de trazas por lo cual es importante realizar más extracciones con otros solventes de la serie eluotrópica.

Agradecimientos

Al profesor Jose Carlos Gutierrez por sus correcciones y aporte de experiencias, a la escuela de química por facilitar el uso de equipos instrumentales de análisis.

Referencias

- Careghini, Alessandro; Mastorgio, Andrea; Saponaro, Sabrina; Sezenna, Elena (2015). Bisphenol A, nonylphenols, benzophenones, and benzotriazoles in soils, groundwater, surface water, sediments, and food: a review. *Environmental Science and Pollution Research International*, 22(8), 5711–5741. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3974-5>
- Comisión Europea (2018). Reglamento (UE) 2018/213 de la Comisión.
- Fukazawa, Hitoshi; Watanabe, Masayuki; Shiraishi, Fujio; Shiraishi, Hiroaki; Shiozawa, Tatsushi; Matsushita, Hidetsuru; Terao, Yoshiyasu (2002). Formation of Chlorinated Derivatives of Bisphenol A in Waste Paper Recycling Plants and Their Estrogenic Activities. *Journal of Health Science*, 48(3), 242–249. <https://doi.org/10.1248/jhs.48.242>
- García, Juan; Gallego, C.; Font, G. (2015). Toxicidad del Bisfenol A: Revisión. *Revista de Toxicología*, 32(2), 144–160.
- Gehring, M.; Vogel, D.; Tennhardt, L.; Weltin, D.; Bilitewski, B. (2004). Bisphenol A contamination of wastepaper, cellulose and recycled paper products. *Waste Management and the Environment II*, 78, 8.
- Rochester, Johanna (2013). Bisphenol A and human health: A review of the literature. *Reproductive Toxicology*, 42, 132–155. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2013.08.008>

Evaluación de la extracción de poli (3-hidroxibutirato) de células de *B. Cepacia* B27 con solventes no-halogenados

Evaluation of the extraction of poly (3-hydroxybutyrate) from *B. Cepacia* B27 cells with non-halogenated solvents

Modalidad: Poster

Iván Cabeza¹
Nubia Moreno-Sarmiento¹
Andrés Ramos^{1,2}
Armando Espinosa²

¹ Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional (IBUN), Grupo de Bioprocesos y Bioprospección, Carrera 30 # 45, Bogotá. Colombia.

² Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Carrera 30 # 45, Bogotá. Colombia.

Resumen

Con el objetivo de encontrar un proceso que no use solventes halogenados de alta toxicidad como el cloroformo y sea ambientalmente sostenible para la extracción del biopolímero Poli(3-hidroxibutirato) de la matriz celular de *Burkholderia cepacia* B27, se evaluaron teórica y experimentalmente varios solventes no halogenados. Los experimentos demostraron que, a temperaturas superiores a 90 °C, el ácido acético es capaz de solubilizar el polímero con una eficiencia similar al cloroformo. Adicionalmente, el polímero obtenido fue caracterizado fisicoquímicamente (DSC, TGA, FTIR, PM) y los resultados obtenidos demostraron que la calidad del material obtenido del nuevo proceso es muy similar a la obtenida mediante los procesos convencionales (cloroformo), demostrando que el ácido acético es un buen candidato para la extracción ambientalmente sostenible del P3HB.

Palabras clave: polihidroxubutirato; ácido acético; cloroformo; burkholderia cepacia.

Introducción

El consumo mundial de plásticos sintéticos está por encima de los 200 millones de toneladas por año y ha crecido aproximadamente un 5 % anualmente convirtiendo estos materiales en una de las principales aplicaciones del petróleo. Estos materiales son ampliamente utilizados para empaques y envases alimenticios debido a su bajo costo de producción y a sus buenas propiedades fisicoquímicas, mecánicas y de barrera (Siracusa, Rocculi; Romani; Dalla-Rosa, 2008).

Lamentablemente, tardan muchos años en degradarse en el medio ambiente y la mayoría de las veces terminan contaminados con residuos alimenticios o biológicos que hacen que su reciclaje sea complicado y económicamente ineficiente. Esto tiene como consecuencia la acumulación de millones de toneladas de polímeros sintéticos en rellenos sanitarios o inclusive en el océano (Avendaño, 2015). Por estas razones, en las últimas décadas ha crecido rápidamente el interés en la comunidad científica por la síntesis de materiales que tengan las mismas características fisicoquímicas, pero no los problemas mencionados anteriormente.

Los biopolímeros y los polímeros bio-basados son los materiales tienen un buen potencial para reemplazar a los polímeros sintéticos en el mercado por su buena capacidad de biodegradación, sin embargo, aún existen varias desventajas,

principalmente relacionadas con su costo de producción y con sus características fisicoquímicas y mecánicas. Los PHAs o polihidroxialcanoatos son una familia de poliésteres termoplásticos producidos por una gran variedad de bacterias para almacenar energía, y son uno de los biopolímeros más prometedores debido a su compatibilidad ambiental, pues son completamente biodegradables y se producen a partir de fuentes renovables. El poli (3 – hidroxibutirato) o P3HB es el PHA más estudiado y caracterizado hasta el momento, y posee propiedades bastante interesantes que no poseen otros biopolímeros como su insolubilidad en agua y su resistencia a la degradación hidrolítica. Sin embargo, posee características que se deben mejorar significativamente para que se le pueda dar el uso deseado tales como su tensión de rotura (que es relativamente baja comparada con otros polímeros sintéticos), su alta cristalinidad (Anjum *et al.*, 2016), su ventana de procesamiento y el impacto ambiental, altos riesgos y costos que tiene su purificación, debido a la necesidad de utilizar volúmenes importantes de solventes halogenados.

Por esta razón, la investigación en nuevas tecnologías para la extracción del biopolímero de la matriz celular de la bacteria productora está en auge, y se han hecho avances importantes con diferentes metodologías y tipos de solvente. Sin embargo, el P3HB a nivel mundial es producido por una gran variedad de microorganismos diferentes, y cada sistema biológico requiere de un tratamiento específico para obtener el biopolímero con la pureza y la eficiencia deseada. En el instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional (IBUN) se ha estudiado por años la producción de P3HB mediante la fermentación de ácidos grasos con la cepa bacteriana mutante *B. cepacia* B27 (Mendez; Cabeza; Moreno; Riascos, 2016), y actualmente se tienen protocolos eficientes de fermentación a escala de laboratorio (5 L) y a escala semi-industrial (100 L – 2000 L), sin embargo, es necesario encontrar las técnicas de extracción y purificación más eficientes para este sistema biológico en específico, lo cuál es el objetivo principal de este estudio (Ramos; Espinosa; Mendez; Cabeza; Moreno-Sarmiento, 2017).

Materiales y Métodos

La selección de solventes consta de tres etapas diferentes. Inicialmente, se hace una selección a partir de una revisión bibliográfica, posteriormente, se evalúa la solubilidad del polímero P3HB en los solventes seleccionados mediante un método teórico, en este caso, los parámetros de solubilidad de Hansen, y finalmente, se hace una selección final teniendo en cuenta parámetros ambientales y económicos de los solventes seleccionados por el método de Hansen. Al final se obtuvieron 4 solventes en los cuales se evaluó experimentalmente la solubilidad del P3HB.

Selección de solventes mediante aproximaciones teóricas:

El cálculo de los HSPs (parámetros de solubilidad de Hansen) para el P3HB se hizo de acuerdo con el procedimiento descrito por van Krevelen y te Nijenhuis (2009) mediante el cual se estiman los 3 parámetros con contribuciones de grupos funcionales y las siguientes ecuaciones donde el subíndice *i* hace referencia a cada grupo funcional y *V* es el volumen molar:

$$\delta_d = \frac{\sum F_{di}}{V} \quad \delta_p = \frac{\sqrt{\sum F_{pi}^2}}{V} \quad \delta_h = \frac{\sqrt{\sum E_{hi}}}{V} \quad Ec. (1)$$

Los valores de δ_d y δ_p para cada uno de los grupos funcionales de interés se obtuvo del libro “Properties of Polymers” de van Krevelen y te Nijenhuis (2009). Para facilitar el análisis de los resultados se implementó la ecuación de Bagley, quien concluyó que los efectos de los parámetros δ_d y δ_p en la solubilidad de sistemas polímero-solvente son similares, mientras que δ_h tiene una naturaleza diferente, por tal razón, Bagley propuso la unificación de los términos similares en un nuevo parámetro (Hansen, 2007):

$$\delta_v = \sqrt{\delta_d^2 + \delta_p^2} \quad Ec. (2)$$

El método consiste en calcular los parámetros χ para el polímero P3HB, y los solventes de interés, posteriormente se grafican los resultados obtenidos en un plano de 2 dimensiones (χ) y aquellos solventes que se encuentren más cercanos al P3HB, son los que en teoría presentan una mayor compatibilidad para la solubilización.

Evaluación de la solubilidad del P3HB en los solventes alternativos

Aquellos solventes que mostraron mejores resultados en el cálculo teórico de la solubilidad fueron seleccionados para la evaluación experimental. El procedimiento consiste en juntar polímero y solvente en diferentes concentraciones y dejarlos en agitación constante a una temperatura determinada. Posteriormente, se filtra el solvente y se cuantifica la masa retenida en el filtro, es decir la masa que no se solubilizó. El polímero utilizado fue producido mediante la fermentación de ácidos grasos con *B. cepacia* B27 y purificado usando cloroformo y metanol. Para la evaluación experimental de la solubilidad se implementó un diseño factorial completo con cuatro factores: relación polímero – solvente [g/mL], temperatura de incubación [°C], tiempo de incubación [h] y tipo de solvente, en total se hicieron 480 experimentos y los resultados fueron analizados e interpretados mediante un análisis de varianzas ANOVA. La Tabla 1 muestra los factores y niveles evaluados:

Tabla 1.
Factores y niveles del diseño experimental, los niveles de la temperatura varían con cada solvente debido a los diferentes puntos de ebullición.

Factor	Número de Niveles	Niveles
Solvente	5	MEK – AE – AA – AB – CLO
Concentración [g/mL]	4	25 – 50 – 100 – 200
Temperatura [°C]	4	T1 – T2 – T3 – T4
Tiempo [h]	2	1 – 3

Fuente: elaboración propia.

Evaluación del proceso de extracción de P3HB con solventes alternativos:

Se evaluó la eficiencia de los solventes que demostraron una mejor capacidad de solubilizar el P3HB en el proceso de extracción del polímero de la matriz celular de la bacteria productora. Para esto se utilizó biomasa rica en polímero obtenida de la fermentación de ácidos grasos en un biorreactor de 100 L con *Burkholderia cepacia* B27. La biomasa seca fue suspendida en el solvente de interés a la concentración y temperatura optima según los resultados obtenidos del diseño experimental. Posteriormente se filtró la mezcla obteniendo dos fases, una solución solvente-polímero, y un residuo sólido rico en biomasa no polimérica. El polímero fue posteriormente separado del solvente mediante un proceso de precipitación con metanol y finalmente se dejó secar para su posterior caracterización.

Caracterización de las muestras

• TGA (Análisis Termogravimétrico)

Se hizo un barrido de temperatura desde 30 °C hasta 500 °C con una rampa de 10 °C/min adicionalmente, en la cámara entra un flujo de 50 mL/min de N₂ para evitar reacciones de combustión. El ensayo se lleva a cabo en el equipo TGA/DSC 1 STAR System de Mettler Toledo del laboratorio de polímeros de Ingeniería Química de la Universidad Nacional. Cada muestra debe pesar entre 10 y 20 mg.

• DSC (Calorimetría Diferencial de Barrido)

Se hizo un barrido de temperatura desde 30 °C hasta 200 °C a 30 °C/min, para borrar la huella térmica del material, posteriormente se reduce la temperatura desde 200 °C hasta -50 °C a -20 °C/min y finalmente, se generó un nuevo aumento de temperatura hasta 200 °C con una rampa de 10 °C/min. Todo se hizo bajo un flujo de 15 mL/min de nitrógeno. Las muestras se pusieron en crisoles de alúmina de 40 µg y se sellaron con un dispositivo especial, para cada ensayo se necesitan entre 2 y 4 mg de polímero.

PM (Cálculo del Peso Molecular Viscoso)

- El peso molecular viscoso (M_v) se calculó usando la correlación de Mark-Houwink-Sakurada (MHK) en la cual se relaciona la viscosidad intrínseca del polímero en solución con su peso molecular como se muestra en la Ecuación (3):

$$[\eta] = K (M_v)^a \quad Ec (3)$$

Dónde $[\eta]$ es la viscosidad intrínseca y se determina experimentalmente con un viscosímetro de Ubbelohde y K y a son los parámetros Mark – Houwink – Sakurada del polímero y sus valores son 11,8 y 0,78 respectivamente.

Resultados y discusiones

La evaluación teórica de la solubilidad en los diferentes solventes se efectuó usando el método de contribución de grupos de Bagley. La Figura 1 muestra el diagrama de solubilidad de Bagley para el P3HB y los solventes evaluados, el círculo rojo delimita la zona de solubilidad, aquellos solventes que están dentro del círculo en teoría deberían solubilizar el P3HB. De los solventes evaluados, el ácido acético, el acetato de etilo, el acetato de butilo, el cloroformo y la metil etil cetona se encuentran en la zona, y por tal razón se evaluaron experimentalmente para determinar en cuál de estos es más soluble el P3HB. La zona de solubilidad se estableció, de acuerdo a la teoría de Hansen, y los resultados obtenidos para la evaluación empírica de la solubilidad del P3HB en solventes alternativos es similar a los obtenidos por otros investigadores (Fei; Cazeneuve; Wen; Wu; Wang, 2016; Aramvash; Moazzeni; Gholami, 2018).

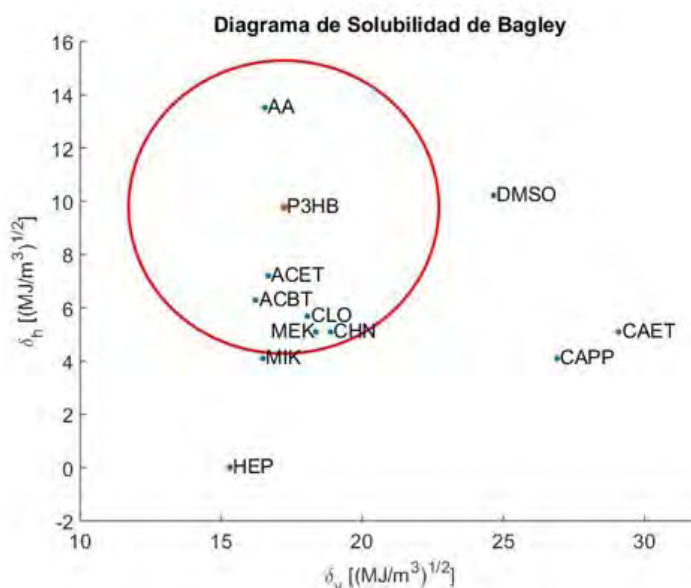


Figura 1. Diagrama de solubilidad de Bagley para el P3HB y los solventes evaluados: Ácido Acético (AA), Acetato de Etilo (ACET), Acetato de Butilo (ACBT), Cloroformo (CLO), Metil Etil Cetona (MEK), Metil Isobutil Cetona (MIK), Dimetil Sulfóxido (DMSO), Carbonato de Etileno (CAET), Carbonato de Propileno (CAPP), Heptano (HEP) y Ciclohexanona (CHN).

Fuente: elaboración propia.

La evaluación experimental de la solubilidad con los solventes seleccionados demostró que los dos factores más influyentes en la solubilidad de los sistemas P3HB/Solvente son el tipo de solvente y la temperatura de incubación. Aunque la relación polímero/solvente también influye, no es de la misma manera que las mencionadas anteriormente. Por otro lado, los resultados demostraron que los tiempos de incubación evaluados no afectan la solubilidad final de los sistemas. La Figura 2 muestra la gráfica de intervalos para los dos factores más influyentes en la variable respuesta, es decir el tipo de solvente y la temperatura. La gráfica muestra claramente la gran afinidad que existe entre el cloroformo y el P3HB, pues la solubilidad es superior al 80 % en todos los casos, sin importar la temperatura de incubación. Adicionalmente, se puede ver

que el P3HB presenta una solubilidad muy similar en ácido acético a la del cloroformo a las temperaturas de incubación T3 y T4 es decir 90 °C y 120 °C respectivamente, lo que sitúa al ácido acético como una alternativa bastante interesante para la extracción del P3HB de la matriz celular de las bacterias productoras. Los otros solventes mostraron una afinidad mucho menor para la solubilización del P3HB, sin embargo, el acetato de butilo presentó una solubilidad cercana al 40 % cuando la temperatura de incubación era de 120 °C, pero esta solubilidad es significativamente menor a la obtenida con ácido acético y cloroformo.

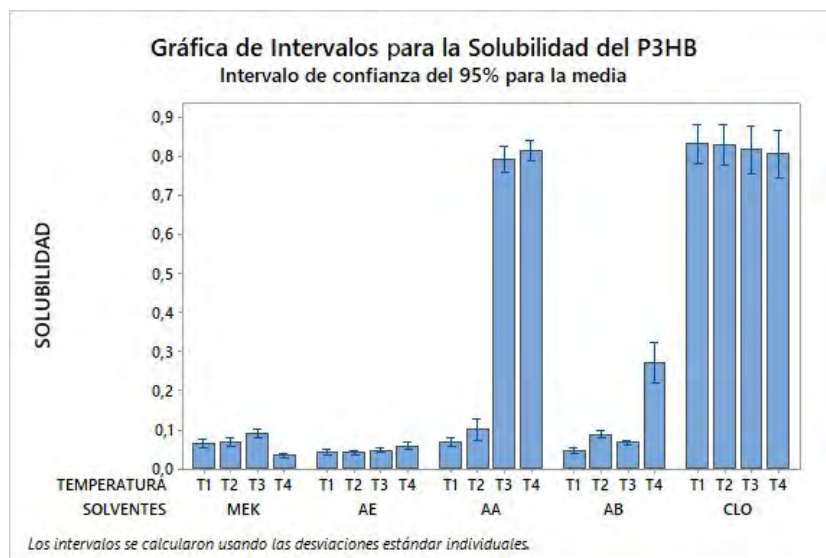


Figura 2. Gráfica de intervalos de confianza del 95% para la solubilidad en función de la temperatura y el tipo de solvente.
Fuente: elaboración propia.

Como resultado de este experimento se seleccionó el ácido acético a 90 °C para la extracción y purificación del P3HB de la matriz celular de *Burkholderia cepacia*. En la Tabla 2 se pueden ver los resultados obtenidos para el rendimiento del proceso en comparación con el procedimiento tradicional que usa cloroformo; al ajustar el proceso a las condiciones de operación óptimas para la solubilización del P3HB en el ácido acético se obtuvo un rendimiento del 53,4 % en masa contra 59,8 % con cloroformo. Este rendimiento hace referencia a que cantidad de la biomasa inicial se extrae en forma de polímero. De esto se puede concluir que con el ácido acético es posible obtener el 89,3 % de la eficiencia obtenida con el cloroformo.

Tabla 2.

Comparación entre el rendimiento de la extracción con ácido acético y cloroformo (se asume como una recuperación del 100 % de eficiencia a aquella obtenida mediante la técnica convencional, es decir la del cloroformo).

	Cloroformo		Ácido Acético	
	R1	R2	R1	R2
Biomasa Seca Inicial [g]	4,0060	4,0003	4,0127	4,0069
Polímero Obtenido [g]	2,4509	2,3347	2,0986	2,1877
Rendimiento [%]	61,2	58,4	52,3	54,6
Promedio [%]	59,8		53,4	
Recuperación [%]	100		89,3 %	

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se hizo la caracterización fisicoquímica de los materiales obtenidos mediante los procesos evaluados, la Tabla 3 muestran los resultados de las caracterizaciones, y se puede evidenciar que el perfil térmico y el peso molecular del biopolímero obtenido con la metodología alternativa es muy similar al obtenido con cloroformo, sin embargo, el obtenido con cloroformo es ligeramente mejor.



Tabla 3.

Comparación de la caracterización fisicoquímica de los materiales obtenidos con los diferentes tratamientos, temperatura de degradación, temperatura de fusión, temperatura de transición vítrea, índice de cristalinidad y peso molecular viscoso.

Solvente	T_d [°C]	T_m [°C]	T_g [°C]	$I.C$ [%]	M_v [Da]
Cloroformo	264	143 -175	4,317	43,17	$8,9 \times 10^5$
Ácido Acético	259	143 - 175	4,322	49,88	$8,3 \times 10^5$

Fuente: elaboración propia.

La temperatura de degradación de la muestra tratada con ácido acético es levemente menor a la del cloroformo, lo que concuerda con la disminución en su peso molecular viscoso y puede ser señal de una ligera degradación producto de las altas temperaturas a las que se ve sometido el material en el proceso con ácido acético.

Conclusiones

La selección inicial de solventes mediante el modelo empírico desarrollado por Hansen es de gran utilidad para reducir significativamente la cantidad de opciones a tener en cuenta, sin embargo, el estudio encontró que la proximidad entre el parámetro de solubilidad de un polímero y un solvente no permite llegar a un veredicto concluyente sobre la solubilidad entre estos. Por ejemplo, según el análisis del diagrama de solubilidad de Bagley, el P3HB posee una solubilidad mayor en el acetato de butilo que en el cloroformo debido a la distancia entre éste y los solventes en el diagrama, sin embargo, se demostró que la solubilidad del P3HB en el cloroformo es significativamente mayor en todas las temperaturas y concentraciones evaluadas, indicando que es necesario corroborar los resultados experimentalmente o implementar aproximaciones teóricas más robustas, pues de los 4 solventes evaluados experimentalmente, solo dos fueron capaces de solubilizar el P3HB, el ácido acético y el acetato de butilo.

Mediante la evaluación experimental de la solubilidad del P3HB en varios solventes se demostró que a las condiciones de temperatura y relación polímero/solvente adecuadas el P3HB es altamente soluble en el ácido acético y levemente soluble en el acetato de butilo. La solubilidad del P3HB en ácido acético a temperaturas superiores a los 90 °C es de aproximadamente 0,08 g/mL comparada contra 0,085 g/mL para el cloroformo a temperatura ambiente (25 °C), demostrando que es un solvente capaz de generar una eficiencia similar al cloroformo a la hora de solubilizar el P3HB. Adicionalmente, el acetato de butilo también demostró una capacidad de solubilizar el P3HB significativamente mayor a los otros solventes evaluados llegando a valores de 0,03 g/mL a temperaturas superiores a los 100 °C. De resto, los otros solventes evaluados no superaron los 0,01 g/mL en ninguna de las temperaturas ni relaciones polímero solvente evaluadas. Este hallazgo sitúa al ácido acético como un solvente viable para la extracción y purificación del P3HB. Adicionalmente, el análisis ANOVA demostró que los factores más influyentes sobre la solubilidad del P3HB en los solventes evaluados son la relación polímero solvente y la temperatura, el tiempo de incubación demostró no tener efectos significativos en los niveles evaluados.

El proceso de extracción del P3HB de la matriz celular de *Burkholderia cepacia* B27, con ácido acético, resultó tener una eficiencia similar a la obtenida en la extracción con cloroformo. En promedio, el cloroformo tiene un rendimiento de 59,8 % en la extracción, es decir que, de la biomasa tratada con cloroformo, se extrae una cantidad de polímero equivalente al 59,8 % de la biomasa inicial. Con el ácido acético el rendimiento es de 54,8 %, es decir el 91,6 % del rendimiento del cloroformo. Este resultado es mayor a los reportadores por otros investigadores. Adicionalmente el polímero obtenido usando la extracción con ácido acético presenta unas propiedades térmicas y un peso molecular muy similares a obtenido con cloroformo, indicando que la calidad del material no se ve seriamente afectada durante el proceso, que es uno de los problemas principales reportados para la extracción de polihidroxialcanoatos de origen bacteriano con procedimientos alternativos.

Agradecimientos

Especial agradecimiento al Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional y al Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, quienes pusieron a nuestra disposición sus instalaciones, equipos, reactivos y conocimiento para el desarrollo del proyecto.

Referencias

- Anjum, Anbreen; Zuber, Mohammad; Mahmood-Zia, Khalid; Noreen, Aqdas; Naveed, Muhammad; Tabsum, Shazia (2016). Microbial production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) and its copolymers: A review of recent advancements. *International Journal of Biological Macromolecules*, 89, 161 - 174. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.04.069>
- Aramvash, Asieh; Moazzeni, Fatemeh; Gholami, Narges (2018). Comparison of different solvents for extraction of polyhydroxybutyrate from *Cupriavidus necator*. *Engineering in Life Sciences*, 18(1), 20 - 28. <https://doi.org/10.1002/elsc.201700102>
- Avendaño, Edwin (2015). *Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de residuos sólidos: análisis del caso Bogotá D.C. Programa Basura Cero* (Tesis de pregrado). Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/3417>
- Fei, T.; Cazeneuve, S.; Wen, Z.; Wu, L.; Wang, T. (2016). Effective recovery of Poly-b-hydroxybutyrate (PHB) biopolymer from *Cupriavidus necator* using novel and environmentally friendly solvent system. *Biotechnology Progress* 32(3), 678 - 685. <https://doi.org/10.1002/btpr.2247>
- Hansen, Charles (2007). *Hansen Solubility Parameters: A user's Handbook - 2 ed.* Londres: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420006834>
- van Krevelen, D. W.; te Nijenhuis, Klaas (2009). *Properties of Polymers*. Amsterdam: ELSEVIER.
- Mendez, D.; Cabeza, I.; Moreno, N.; Riascos, C. (2016). Mathematical Modelling and Scale-up of Batch Fermentation with *Burkholderia cepacia* B27 Using Vegetal Oil as Carbon Source to Produce Polyhydroxyalkanoates. *Chemical Engineering Transactions*, 49, 277 - 282.
- Ramos, Andres; Espinosa, Armando; Mendez, Daniel; Cabeza, Ivan; Moreno-Sarmiento, Nubia (2017). Purification of Poly (3-hydroxybutyrate) Produced by Fatty Acid Fermentation Using Organic Polar Solvents. *Chemical Engineering Transactions*, 67, 667 - 672.
- Siracusa, Valentina; Rocculi, Pietro; Romani, Santina; Dalla-Rosa, Marco (2008). Biodegradable Polymers for Food Packaging: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 16(12), 634 - 643. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.07.003>



Síntesis y caracterización de bases de schiff a partir de isómeros meta y para de fenilendiamina

Synthesis and characterization of schiff bases from meta and para phenylenediamine isomers

Modalidad: Poster

Ingrid Zambrano¹
Stiwenn Rendón²
Andrés Amaya³
Yenny Ávila⁴
Edwin Florez⁵

¹ Universidad Santiago de Cali, QUIBIO, Calle 5 # 62-00, Santiago de Cali, Colombia.

² Universidad Santiago de Cali, QUIBIO, Calle 5 # 62-00, Santiago de Cali, Colombia.

³ Universidad Santiago de Cali, QUIBIO, Calle 5 # 62-00, Santiago de Cali, Colombia.

⁴ Universidad Santiago de Cali, QUIBIO, Calle 5 # 62-00, Santiago de Cali, Colombia.
Yennyavila@usc.edu.co

⁵ Universidad Santiago de Cali, QUIBIO, Calle 5 # 62-00, Santiago de Cali, Colombia.
Edwin.florez00@usc.edu.co

Resumen

Las bases de Schiff son utilizadas por su amplia gama de aplicaciones que poseen. No solo se limitan a su actividad biológica, sino que también se puede resaltar su aplicación como catalizadores orgánicos, mecanismo de triboactividad y en la formación de polímeros. Se sintetizaron dos bases de Schiff a partir de los isómeros-meta y -para fenilendiamina con benzaldehído con rendimientos de 66 % para el isómero meta y 96 % para el isómero para, respectivamente. Los compuestos se caracterizaron con éxito mediante diferentes técnicas como FTIR, RMN (¹H-¹³C), TGA-DSC y espectrometría de masas.

Palabras claves: agentes antimicrobianos; complejos de Schiff; síntesis de bases de Schiff.

Introducción

El uso de antibióticos tiene como función eliminar las bacterias que puedan causar enfermedades. Pero uno de los problemas que existen actualmente es la resistencia que tienen algunas bacterias sobre los antibióticos de uso común lo cual limita la efectividad del tratamiento de los antibióticos para enfermedades que son infecciosas (Teymourinia; Salavati- Niasari; Amiri; Yazdian, 2019). La resistencia a los compuestos antimicrobianos (RAM) ha sido reconocida por la Organización Mundial de la Salud como un problema global desde el 2001.

Existen dos especies bacterianas que son las más usuales de encontrar en alimentos y en ambientes hospitalarios, llegando a causar un gran número de enfermedades y provocar un riesgo para un gran número de personas y producir serios problemas para la salud pública. Dichas bacterias son la *Escherichia coli* (*E.coli*) y *Staphylococcus aureus* (*S.aureus*). Estas dos bacterias son muy frecuentes de encontrar en la región del Valle del Cauca, especialmente en ambientes hospitalarios de la capital del Valle, Santiago de Cali (Martínez-Buitrago *et al.*, 2014; Chávez-Vivas; Martínez; Esparza-Mantilla, 2017; Soto-Varela; Pérez-Lavalle; Estrada-Alvarado, 2016; Villalobos; Barrero; Rivera; Ovalle; Valera, 2014), lo que lleva a realizar

investigaciones en la implementación de nuevos antibióticos que actúen eficazmente sobre estas bacterias que aquejan actualmente a la región.

Una de las posibles soluciones para combatir dichas enfermedades bacterianas son las bases de Schiff (SB por sus siglas en inglés), debido a que presentan un gran número de aplicaciones las cuales van desde agentes farmacéuticos antitumorales (Sâmia *et al.*, 2019), antibacterianos (Rakesh; Kumara; Ullas; Shivakumara; Gowda, 2019) y antifúngicos (Wei *et al.*, 2019). Dichas bases son sintetizadas mediante una reacción de condensación entre una amina primaria y compuestos carbonilos (cetonas y/o aldehídos) tal como lo descubrió en 1864 Hugo Joseph Schiff (Antony; Arun; David, 2019; Harnsaure, n.d.). En la Figura 1 se muestra la ruta sintética y estructura de las SB.

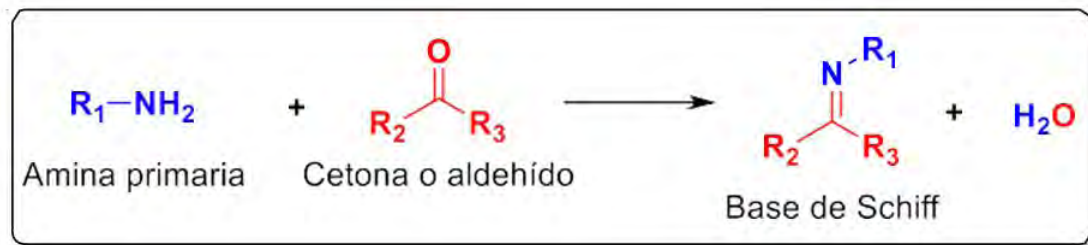


Figura 1. Ruta sintética de la base de Schiff.
Fuente: elaboración propia.

Pero dichas bases no solo han demostrado tener aplicabilidad biológica, sino que estas se han implementado como mecanismo de triboactividad en motores de aceite de parafina (Kumar; Kuntail; Verma; Rastogi; Sinha, 2019) y en la síntesis de biopolímeros a partir de quitosano (Antony *et al.*, 2019; Gonçalves-Barbosa; Gomes-Cavalheiro, 2019). En los últimos años, los biopolímeros sintetizados que han logrado integrar las SB, han despertado la atención entre la comunidad científica, debido a que estos materiales son naturales, biodegradables, ecológicos, de baja toxicidad y biocompatibles con el medio ambiente. Uno de los biopolímeros que se han empleado para tal fin es el quitosano, el cual se puede obtener de unos de los polisacáridos más abundantes en la naturaleza, la quitina (Barbosa; Attjioui; Leitão; Moerschbacher, 2019). Por otro lado, la presencia del enlace $-C=N-$ facilita que el nitrógeno pueda formar compuestos de coordinación estables entre diferentes centros metálicos, siendo un ligando muy versátil. Esto permite aumentar la actividad biológica que puedan tener los complejos a diferencia del ligando libre, debido a las interacciones que puedan presentar el centro metálico y la estabilidad que le pueda brindar la SB (Rakesh; Kumara; Ullas; Shivakumara; Gowda, 2019).

En el presente proyecto, se han logrado sintetizar dos bases de Schiff a partir de los isómeros -meta y -para de la fenilendiamina con benzaldehído y se han caracterizado mediante técnicas espectroscópicas tales como FTIR, RMN (1H y ^{13}C), espectrometría de masas, análisis termogravimétrico (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC).

Materiales y Métodos

Síntesis de bases de Schiff (N,N'-dibencil-1,3-fenilendimina y N,N'-dibencil-1,4-fenilendimina)

La siguiente metodología se empleó para la síntesis de las dos bases de Schiff. En un balón de reacción de 50 mL, se adicionó 0,100 mg (1,0 eq) del correspondiente isómero de la fenilendiamina (-meta y/o -para), posteriormente se diluyó en 25 mL de metanol. La mezcla de reacción se dejó en agitación hasta que toda la amina se solubilizó por completo. Después se agregó el benzaldehído (2,2 eq) y se obtuvo un precipitado. La mezcla se dejó en agitación por una hora a temperatura ambiente. El compuesto fue filtrado al vacío y se hicieron lavados con 20 mL de metanol y se pusieron a secar en un horno a 80 °C por un periodo de media hora. En la Figura 2 se pudo observar la ruta sintética de las bases de Schiff.

N,N'-dibencil-1,3-fenilendimina (1a)

Sólido de color marrón. Rendimiento 66 %. Punto de fusión: 262,43 °C. IR (KBr, cm^{-1}): 3052 ($\nu_{\text{Ar-H}}$), 2895 ($\nu_{\text{C-H}}$), 1623 ($\nu_{\text{C=N}}$).

N,N'-dibencil-1,4-fenilendimina (2a)

Sólido de color amarillo. Rendimiento: 96 %. Punto de fusión: 264,96 °C. IR (KBr, cm^{-1}): 3054 ($\nu_{\text{Ar-H}}$), 2876 ($\nu_{\text{C-H}}$), 1615 ($\nu_{\text{C=N}}$).

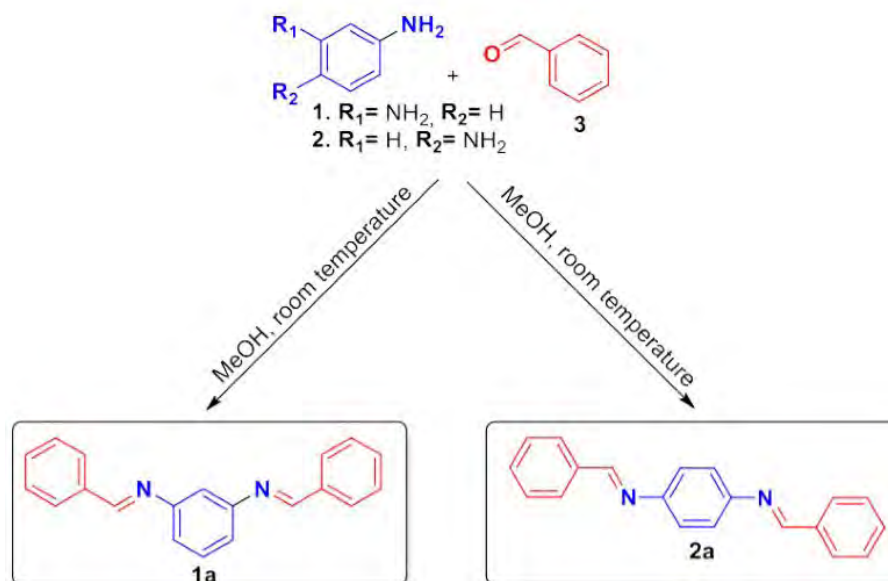


Figura 2. Ruta sintética de bases de Schiff de los isómeros de la fenilendimina.
Fuente: elaboración propia.

Resultados y discusiones

Las bases de Schiff, (1a-2a) fueron sintetizadas en un sólo paso, en el cual se mezcló la m-fenilendiamina (1) y la p-fenilendiamina (2) con benzaldehído (3) a temperatura ambiente en metanol, formándose para ambas iminas un precipitado de color característico.

Ambos compuestos se lograron caracterizar a través de espectroscopia IR, las cuales presentaron bandas de estiramiento fuerte en la región de los $3052\text{--}3054\text{ cm}^{-1}$ correspondientes al enlace AR-H, y en la región de $1615\text{--}1623\text{ cm}^{-1}$ bandas de tensión fuerte características del enlace C=N del grupo imino de las bases de Schiff. Los compuestos fueron sometidos a análisis térmico (TGA-DSC) con el fin de evaluar la estabilidad térmica de las SB. Las curvas fueron obtenidas en una atmósfera de nitrógeno. Los compuestos presentaron dos pérdidas de masa. La primera corresponde a la pérdida de agua presente en la superficie de las SB y la segunda pérdida involucra la degradación de los compuestos a partir de los 262 y 264 °C respectivamente como se puede apreciar en la Figura 3. Mediante espectrometría de masas se confirmó la masa del ion molecular para el compuesto 1a el cual mostró una relación masa carga de 285. Finalmente, los compuestos también fueron caracterizados por medio de RMN (en CDCl_3) ^1H - ^{13}C para el compuesto 1a y ^{13}C para 2a las cuales mostraron los desplazamientos esperados.

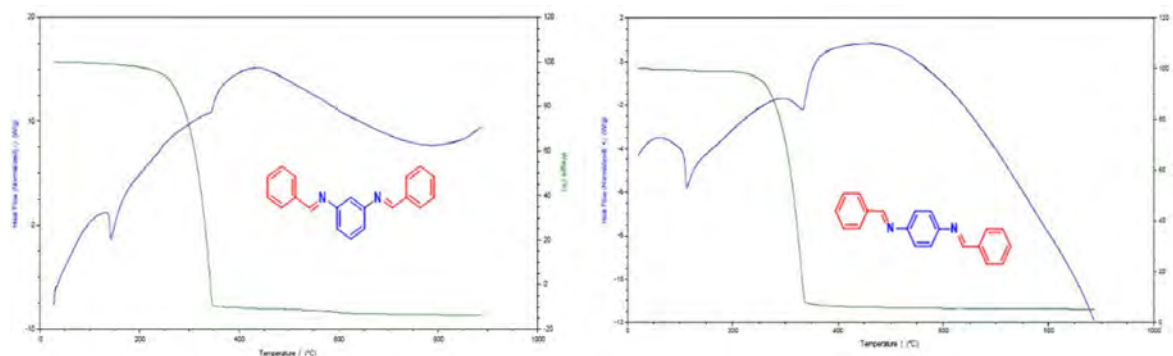


Figura 3. Curva TGA-DSC de las bases de Schiff **1a** y **2a**.

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Se prepararon dos especies de bases de Schiff empleando los isómeros *-meta* y *-para* fenilendimina con benzaldehído. Mediante técnicas espectroscópicas IR, RMN (^1H , ^{13}C), TGA-DSC y masas se caracterizaron satisfactoriamente cada una de las SB. El siguiente paso es la coordinación a diferentes centros metálicos y someter tanto las SB como los compuestos de coordinación a ensayos biológicos.

Referencias

- Antony, R., Arun, T., & David, S. T. (2019). International Journal of Biological Macromolecules A review on applications of chitosan- based Schiff bases. *International Journal of Biological Macromolecules*, 129, 615–633. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.02.047>
- Barbosa, Hellen; Attjioui, Maha; Leitão, Andrei; Moerschbacher, Bruno (2019). Characterization , solubility and biological activity of amphiphilic biopolymeric Schiff bases synthesized using chitosans. *Carbohydrate Polymers*, 220, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.05.037>
- Martínez-Buitrago, Ernesto; Hernández, Cristhian; Pallares, Cristhian; Pacheco, Robinson; Hurtado, Kelly; Recalde, Mónica (2014). Frecuencia de aislamientos microbiológicos y perfil de resistencia bacteriana en 13 clínicas y hospitales de alta complejidad en Santiago de Cali - Colombia. *Infectio*, 18(1), 3–11. [https://doi.org/10.1016/S0123-9392\(14\)70734-9](https://doi.org/10.1016/S0123-9392(14)70734-9)
- Chávez-Vivas, Mónica; Martínez, Alfonsina; Esparza-Mantilla, Mario (2017). Characterization of Staphylococcus aureus obtained from the hospital environment and health care staff at a hospital in the city of Cali. *Biosalud*, 16(2), 22–33. <https://doi.org/10.17151/biosa.2017.16.2.3>
- Gonçalves-Barbosa, Hellen; Gomes-Cavaleiro, Éder (2019). The influence of reaction parameters on complexation of Zn (II) complexes with biopolymeric Schiff bases prepared from chitosan and salicylaldehyde. *International Journal of Biological Macromolecules*, 121, 1179–1185. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.113>

Harnsaure, D. (n.d.). *Eine Reihe*



- Kumar, Bharat; Kuntail, Jyoti; Verma, Dinesh; Rastogi, Rashmi; Sinha, Indrajit (2019). Mechanism of triboactivity of Schiff bases : Experimental and molecular dynamics simulations studies. *Journal of Molecular Liquids*, 289, 111171.
<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.111171>
- Sâmia, Luciana; Parrilha, Gabrieli; Bertoli, Alexandre; Duarte, Helio; Speziali, Nivaldo; Teixeira, Sarah; Kawamura, Bárbara; Kleber-Ferreira, Adilson; Beraldo, Heloisa (2019). Investigation on the cytotoxic effects of nitrogen-mustard-derived Schiff bases . Studies on the reactivity of the N -mustard pharmacophoric group. *Journal of Molecular Structure*, 1178, 274–284.
<https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2018.10.029>
- Rakesh, K. P.; Kumara, H. K.; Ullas, B. J.; Shivakumara, J.; Gowda, D. C. (2019). Bioorganic Chemistry Amino acids conjugated quinazolinone-Schiff ' s bases as potential antimicrobial agents: Synthesis , SAR and molecular docking studies. *Bioorganic Chemistry*, 90, 103093.
<https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.103093>
- Satheesh, C. E.; Kumar, P. R.; Shivakumar, N.; Lingaraju, K.; Krishna, P. M.; Rajanaika, H.; Hosamani, A. (2019). Inorganica Chimica Acta Synthesis , structural characterization , antimicrobial and DNA binding studies of homoleptic zinc and copper complexes of NO Schiff bases derived from homoveratrylamine. *Inorganica Chimica Acta*, 495, 118929.
<https://doi.org/10.1016/j.ica.2019.05.028>
- Soto-Varela, Zamira; Pérez-Lavalle, Liliana; Estrada-Alvarado, Dalidier (2016). Bacterias causantes de enfermedades transmitidas por alimentos: una mirada en Colombia. *Barranquilla (Col.)*, 32(1), 105–122. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/sun/v32n1/v32n1a10.pdf>
- Teymourinia, Hakimeh; Salavati-Niasari, Masoud; Amiri, Omid; Yazdian, Fatemeh (2019). Application of green synthesized $\text{TiO}_2/\text{Sb}_2\text{S}_3/\text{GQDs}$ nanocomposite as high efficient antibacterial agent against *E. coli* and *Staphylococcus aureus*. *Materials Science and Engineering C*, 99, 296–303.
<https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.01.094>
- Villalobos, A. P.; Barrero, L. I.; Rivera, S. M.; Ovalle, M. V.; Valera, D. (2014). Surveillance of healthcare associated infections, bacterial resistance and antibiotic consumption in high-complexity hospitals in Colombia, 2011. *Biomédica: Revista Del Instituto Nacional de Salud*, 34 Suppl 1, 67–80.
<https://doi.org/10.1590/S0120-41572014000500009>
- Wei, Lijie; Tan, Wenqiang; Wang, Gang; Li, Qing; Dong, Fang; Guo, Zhanyong (2019). The antioxidant and antifungal activity of chitosan derivatives bearing Schiff bases and quaternary ammonium salts. *Carbohydrate Polymers*, 226, 115256.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115256>

Funcionalización de polioleofinas en estado fundido

Functionalization of molten polyolefin

Modalidad: Comunicación oral

Carolina Caicedo¹
Edwin A. Murillo²

¹ Grupo de Investigación en Desarrollo de Materiales y Productos – GIDEMP, Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria – ASTIN, SENA, Calle 52 No 2 Bis 15, Cali, Colombia. E-mail: ccaicedo60@misena.edu.co

² Grupo de Investigación en Materiales Poliméricos (GIMAPOL), Departamento de Química, Universidad Francisco de Paula Santander, Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag, San José de Cúcuta, Colombia

El proceso de funcionalización de poliolefinas como el polipropileno (PP) con compuestos hidrofílicos es utilizado comúnmente para producir agentes compatibilizantes (Akbari; Zadhoush; Haghighat 2007; Palacios; Sangroniz; Eguiazabal; Etxeberria; Müller, 2016). El compuesto más utilizado en la funcionalización de PP es el anhídrido maleico (AM). Este material tiene la ventaja de ser polifuncional ya que tiene un doble enlace carbono-carbono y dos grupos ácidos (Diop; Torkelson, 2013; Augier, *et al.*, 2006; Zhang, *et al.*, 2013). Otros compuestos hidrofílicos comerciales que se han utilizado para funcionalizar PP son el anhídrido isoftálico (Yazdani-Pedram; Vega; Quijada, 2001), el polimetacrilato de etilenglicol (Noriman; Ismail; Rashid, 2010) y el ácido acrílico (Gang-sheng; Liu; Zhao; Li-xia; Wei-kang, 2009). El grado de funcionalización (GF) obtenido de estos materiales no ha sido alto y los investigadores todavía están tratando de mejorar esto, utilizando otros métodos o agentes de funcionalización. El principal problema de funcionalización de PP con MA es que grandes cantidades permanecen sin reaccionar, dando un GF muy bajo (~1 % en peso) y disminución del peso molecular (Augier, *et al.*, 2006). Por lo tanto, cuando este material se usa como compatibilizador en mezclas de PP / polímeros hidrofílicos, se deben usar grandes cantidades para obtener compatibilización para estas mezclas. En un estudio realizado por Nova; Arévalo; Murillo (2019) se funcionalizó el PP con un poliéster poliálcool hiperramificado (MHBP) maleinizado mediante el uso de peróxido de dicumilo (DCP) como iniciador para obtener los PP-g-MHBP. Este proceso se llevó a cabo en solución, sin embargo, este método no resulta ecológico. Por lo tanto, la idea es realizar la síntesis en estado fundido (libre de solventes orgánicos). El índice de acidez (IA) del PP-g-MHBP fue menor que el del MHBP y esto aumentó con las proporciones de DCP y MHBP empleadas. La presencia de las señales características de MHBP en los espectros infrarrojos (IR) de los PP-g-MHBP permitió evidenciar la funcionalización de PP con MHBP. El mayor GF presentado por las muestras fue del 9,1 % en peso. Además, todos los ángulos de contacto de PP-g-MHBP fueron más bajos que los de PP e inferiores a 90°. Los valores de viscosidad (η) de los PP-g-MHBP fueron más bajos que los del PP. El módulo de Young, la máxima resistencia a la tracción y el alargamiento a la rotura de los PP-g-MHBP fueron independientes del contenido de DCP y grado de funcionalización (Caicedo; Murillo, 2019).

Referencias

- Akbari, M.; Zadhoush, A., Haghighat, M. (2007). PET/PP blending by using PP-g-MA synthesized by solid phase. *Journal of applied polymer science*, 104(6), 3986-3993. <https://doi.org/10.1002/app.26253>
- Augier, S.; Coiai, S.; Gragnoli, T.; Passaglia, E.; Pradel, J. L.; Flat, J. J. (2006). Coagent assisted polypropylene radical functionalization: monomer grafting modulation and molecular weight conservation. *Polymer*, 47(15), 5243-5252. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2006.05.049>



- Caicedo, C.; Murillo, E. A. (2019). Structural, thermal, rheological, morphological and mechanical properties of polypropylene functionalized in molten state with maleinized hyperbranched polyol polyester. *European Polymer Journal*, 118, 254-264.
<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.06.005>
- Diop, M. F.; Torkelson, J. M. (2013). Maleic anhydride functionalization of polypropylene with suppressed molecular weight reduction via solid-state shear pulverization. *Polymer*, 54(16), 4143-4154.
<https://doi.org/10.1016/j.polymer.2013.06.003>
- Gang-sheng, T.; Liu, T.; Zhao, L.; Li-xia, H.; Wei-kang, Y. (2009). Supercritical carbon dioxide-assisted preparation of polypropylene grafted acrylic acid with high grafted content and small gel percent. *The Journal of Supercritical Fluids*, 48(3), 261-268.
<https://doi.org/10.1016/j.supflu.2008.11.017>
- Noriman, N. Z.; Ismail, H.; Rashid, A. A. (2010). Characterization of styrene butadiene rubber/recycled acrylonitrile-butadiene rubber (SBR/NBRr) blends: The effects of epoxidized natural rubber (ENR-50) as a compatibilizer. *Polymer testing*, 29(2), 200-208.
<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2009.11.002>
- Nova, M.; Arévalo, Y.; Murillo, E. A. (2019). Functionalization in solution of polypropylene with a maleinized hyperbranched polyol polyester: Structural, thermal, rheological, and mechanical properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(2), 46932.
<https://doi.org/10.1002/app.46932>
- Palacios, J. K.; Sangroniz, A.; Eguiazabal, J. I.; Etxeberria, A.; Müller, A. J. (2016). Tailoring the properties of PP/PA6 nanostructured blends by the addition of nanosilica and compatibilizer agents. *European Polymer Journal*, 85, 532-552.
<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2016.11.010>
- Yazdani-Pedram, M.; Vega, H.; Quijada, R. (2001). Melt functionalization of polypropylene with methyl esters of itaconic acid. *Polymer*, 42(10), 4751-4758.
[https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(00\)00816-8](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(00)00816-8)
- Zhang, M.; Colby, R. H.; Milner, S. T.; Chung, T. M.; Huang, T.; Degroot, W. (2013). Synthesis and characterization of maleic anhydride grafted polypropylene with a well-defined molecular structure. *Macromolecules*, 46(11), 4313-4323.
<https://doi.org/10.1021/ma4006632>

Uso de materiales poliméricos como soporte para capas de óxidos metálicos auto desinfectantes

Use of polymeric materials as a support for layers of metal oxides self disinfectants

Modalidad: Comunicación oral

Cesar Pulgarín¹

¹ **Group of Advanced Oxidation Processes**, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) Lausanne, Switzerland

Pathogen bacteria can survive on surfaces and lead to contamination by spreading. This issue is particularly important in hospitals where hospital-acquired infections (HAIs) represent a health danger, especially combined with the increase of antibiotic resistance in bacteria. A patient (or the caregiver) can be affected by HAIs after being in contact with contaminated medical utensils, but also after contact with frequently touched surfaces in hospitals. Rigorous sterilization of the medical equipment, appropriate hand washing and thorough cleaning are promoted to lower HAIs risk. Nonetheless, a study on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) contamination in hospitals found that MRSA is detected in 74 % of cases prior to cleaning and on 66 % of test surfaces after cleaning.

Country	Year	Antibiotic Group	S	I	R	Total N	%S	%I	%R
Austria	2014	MRSA	2443	0	208	2651	92.2 %	0.0 %	7.8 %
France	2014	MRSA	4529	0	955	5484	82.6 %	0.0 %	17.4 %
Germany	2014	MRSA	2740	0	367	3107	88.2 %	0.0 %	11.8 %
Italy	2014	MRSA	1417	0	716	2133	66.4 %	0.0 %	33.6 %
United Kingdom	2014	MRSA	2124	0	271	2395	88.7 %	0.0 %	11.3 %

Fig. 1 Percentage of *Staphylococcus aureus* resistant (R) to Methicillin in different countries
(Taken from the page web of European Centre for Disease Prevention and Control)

This is why the development of antibacterial films represents a way to address the problem, as a complement to proper hygiene and cleaning habits. The development of appropriate self-disinfecting coatings, active under indoor and outdoor environments without any further intervention, could contribute to limit pathogen transmission.



De la idea a la innovación: material antifiama de resina poliéster con fibra de vidrio

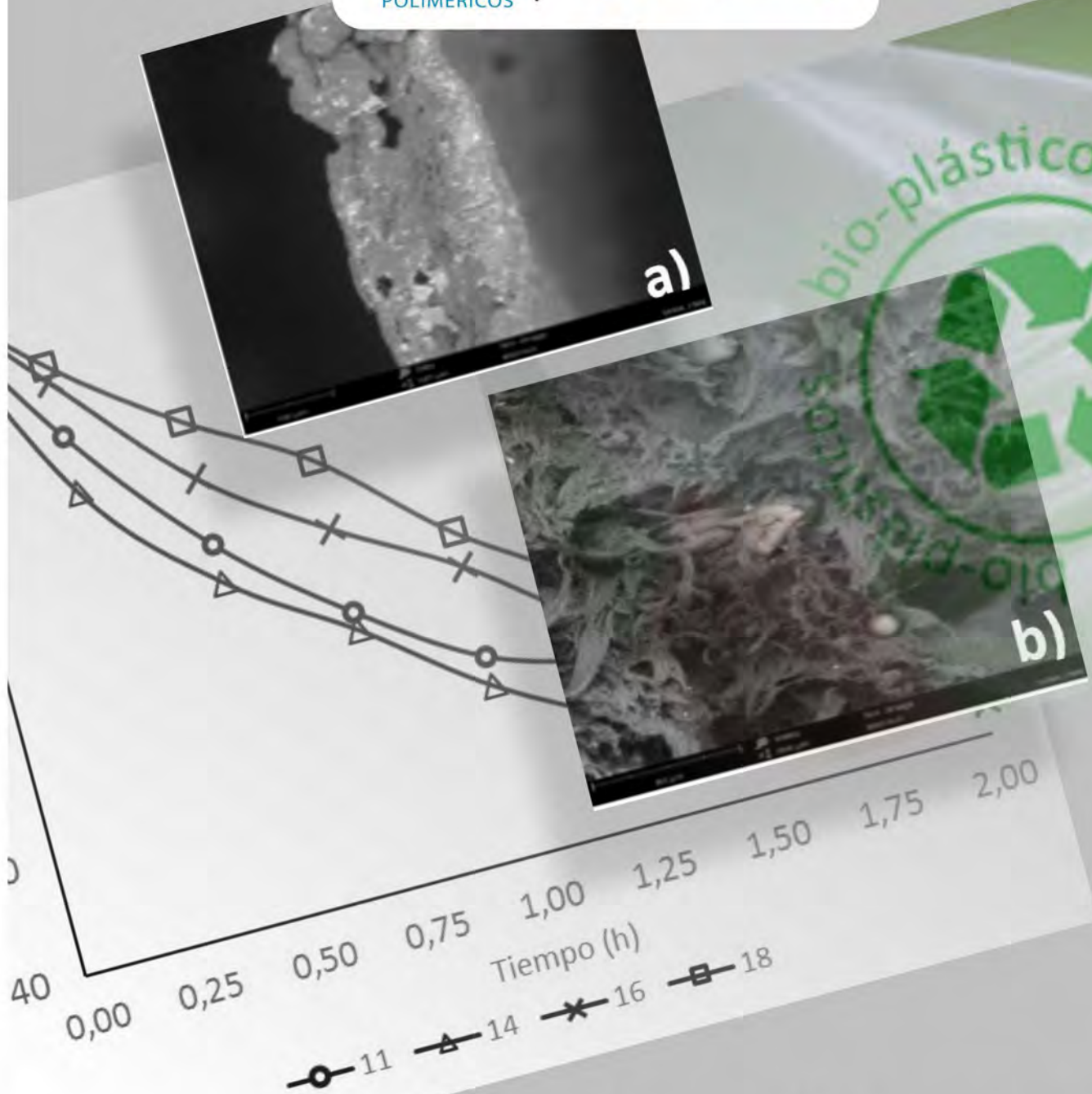
The idea innovation equipment antifiama polyester resin fiberglass

Modalidad: Comunicación oral

Alfredo Maciel¹

¹ Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones en materiales.

En un nanocompuesto polimérico, la suma de las propiedades de cada uno de los componentes debe dar como resultado un material con propiedades intermedias entre las de sus componentes. En el material desarrollado, la arcilla aportó las propiedades antifiama. El nanocompuesto polimérico superó holgadamente la prueba de resistencia a la flama de acuerdo a la norma ASTM D-5048. El nanocompuesto, que originalmente fue desarrollado con arcillas importadas, requirió de adaptar la tecnología con arcillas nacionales, para hacerlo más competitivo desde el aspecto financiero. Para la búsqueda de posibles usuarios de la tecnología, se participó en el Programa de Nodos Binacionales de Innovación desarrollado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) de México, en colaboración con la National Science Foundation (NSF), participamos con el proyecto “Nanocompuesto de Resina poliéster Antifiama”. El objetivo del programa radica en identificar la pertinencia del desarrollo tecnológico; es decir, conocer quién es el segmento del cliente a quien va dirigido el desarrollo. Como académico, resultó de gran ayuda el participar en este proyecto, ya que se cambia el paradigma de la investigación, ya que se migra del contexto del laboratorio hacia el exterior, ya muchas veces no se tiene claro si lo que se está estudiando o investigando tendrá o no una aplicación comercial, y, más aún, si realmente se está realizando innovación. El programa se realizó en 8 semanas, a lo largo de las cuales se lograron 107 entrevistas. Como principal herramienta se desarrolló el Business Model Canvas, por medio del cual es posible visualizar en una sola página, a diferencia de los planes de negocio convencionales, los siguientes aspectos: Segmento de Cliente, Propuesta de Valor, Relación con los Clientes, Canales de Distribución, Actividades Clave, Recursos Clave, Socios Clave, Estructura de Costos y Vías de Ingresos. Las entrevistas se llevaron a cabo en diferentes centrales de bomberos, con organizaciones de fabricantes de resinas nacionales e internacionales, con fabricantes de retardantes de flama internacionales, con la industria de la pirotecnia, con los fabricantes de aerogeneradores de electricidad, los fabricantes de partes para aeronaves, los fabricantes de tubería para agua potable y de drenajes. Otro sector importante que se entrevistó posteriormente fue a los productores de arcillas en la ciudades de Cuencamé, y Gómez Palacio (Estado de Durango), Agua Blanca (Estado de Hidalgo), Huayacotla y Palo Bendito, (Estado de Veracruz) y Amozoc (Estado de Puebla) de donde se colectaron 24 muestras de diferentes minas de arcilla. El resultado de todo el proceso fue la visualización de costos y ganancias. Durante el ejercicio se determinó la pertinencia del desarrollo tecnológico: se encontró que tiene un nivel 4 de TRL. El hallazgo más importante después de haber llevado a cabo las entrevistas a los posibles usuarios de la tecnología fue que puede ser útil para los fabricantes de cabinas para tráileres y los fabricantes de autobuses. De las arcillas recolectadas se seleccionaron cuatro de Durango: de las minas Rebeca y Cerro Prieto, y las arcillas Sódica A y Sódica B de la empresa Arcillas Industriales de Durango, por su alto contenido de sodio, su mayor tiempo de suspensión y su mayor similitud en el difractograma por rayos X a la arcilla importada.



Biopolímeros

Revista Informador Técnico, Volumen 83 n2 - Suplemento I- 2019

V Simposio de Materiales Poliméricos - 28 y 29 de Octubre de 2019, Cali - Colombia

CONTENIDO

Innovación de productos biodegradables a través de materiales compuestos.....	87
Pedro Rodríguez Sandoval, Diana Lorena López Medina, Carlos Parga Horta	
Preparación y caracterización de un sistema polimérico bioartificial (SCAFFOLD) hecho de quitosano (QT) y alcohol polivinílico (PVA) con potencial en el desarrollo de viabilidad de células óseas	93
Juan Sebastian Ochoa Melo, Sebastian Ramírez Tarazona, Julián Camilo Ángel García, Andrés Bernal Ballén, Hugo Ramiro Segura Puello, Andrea Catalina Villamil Ballesteros, Diana Lorena Nieto Mosquera, Diana Milena Muñoz Forero	
Variables influyentes en la elaboración de bioplásticos a partir del ñame	100
María Bernarda Alvarado Bawab, Humberto Badel-Venera, Alix Iguarán-Rolón	
Estudio experimental para el establecimiento de protocolos para caracterizaciones de concentraciones de biopolímeros de diferentes medios acuosos (agua dulce, salmuera) utilizados en recobro mejorado a través de diferentes técnicas	105
Luisa Triana, Paola Vera, Carolina Ardila-Suárez, Rubén-Hernán Castro-García, Henderson-Iván Quintero-Pérez, Eduardo Manrique, Gustavo E. Ramírez-Caballero	
Nuevos biomateriales en regeneración pulpar: revisión de literatura	111
Ingrid Zamora, Gilbert Alfonso, Mayra Valencia	
Elaboración y evaluación de biopolímeros utilizando diferentes fuentes de almidón	116
Marta Jaramillo, Maira Hernández, Nicolás Duque, Ana Parra, Juan Aranzazu, María Muñoz, Luisa Roche, Manuel Pinzón	
Aprovechamiento de la semilla de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.) tipo Hass para la extracción de almidón	120
Valerie Correa Albarán, Luis Eduardo Vallencilla Castro, Katerine Cárdenas Tobar, Marcelo Guancha	
Encapsulación y soporte de biomoléculas en nanopartículas poliméricas para aplicaciones biomédicas	124
Jorge A. Gutiérrez	
Preparación de membranas poliméricas electrohiladas a partir del aprovechamiento de residuos agroindustriales	125
Edwin Yesid Gómez-Pachón	

Innovación de productos biodegradables a través de materiales compuestos

Innovation of biodegradable products through composite materials

Modalidad: Poster

Pedro Rodríguez Sandoval¹
Diana Lorena López Medina²
Carlos Parga Horta³

¹ Sena Centro de Materiales y Ensayos, Gimes, Carrera 30 No. 17 B 25 Sur, Bogotá, Colombia, prodirguez@misena.edu.co

² Sena Centro de Materiales y Ensayos, Gimes, Carrera 30 No. 17 B 25 Sur, Bogotá, Colombia, dllopezmedina@misena.edu.co

³ Sena Centro de Materiales y Ensayos, Gimes, Carrera 30 No. 17 B 25 Sur, Bogotá, Colombia, carlosepargah@gmail.com

Resumen

En la actualidad, uno de los grandes problemas que afronta el hombre es el uso continuo de varias clases de polímeros sintéticos en todas las actividades que realiza cotidianamente. El creciente uso de estos materiales significó un rápido deterioro del medio ambiente, en varios casos irremediable. En respuesta a esta problemática, surge la necesidad de realizar mezclas polímeros sintéticos con polisacáridos de origen natural, generando un material compuesto que acelere su degradación. En este trabajo de investigación se obtuvo un material compuesto degradable en tres fases: la primera, la modificación del almidón de papa y mezclas con diferentes porcentajes para obtener un pellet; la segunda, la caracterización a través de pruebas mecánicas, microscopía óptica y degradación y la tercera, la transformación por los procesos de inyección y extrusión de productos industriales.

Palabras clave: biopolímeros; degradación; línea industrial; medio ambiente.

Introducción

El efecto que generan los polímeros sintéticos es debido a su uso desmedido y al hecho de que se requieren de miles de años para su degradación a nivel molecular. Es una creciente que ha causado contaminación en el planeta dado que la producción de polímeros genera CO y CO₂, lo cual puede originar incendios, deterioro de fuentes hídricas y del suelo y otros perjuicios en la naturaleza, las especies animales, plantas y zonas de cultivo, que coadyuvan a problemáticas de interés mundial como el cambio climático. Como contribución a la solución de esta problemática, se les brinda a los polímeros sintéticos, propiedades que aceleren su degradación por medio de la adición de materiales naturales como polisacáridos, los cuales están constituidos por amilosa y amilopectina y es considerado como un polímero con alto potencial para ser implementado en plásticos biodegradables debido a su abundancia en la naturaleza y bajo costo. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este proyecto fue la caracterización, verificación de la degradabilidad y la implementación de este nuevo material compuesto en los procesos de inyección y extrusión de piezas industriales.

Materiales y Métodos

Materia prima

Para la obtención de este material compuesto se utilizó como materia prima polietileno de baja densidad (PEBD) marca ECOPETROL referencia POLIFEN, almidón de papa modificado referencia ALMI 4 procesado por ALMICOR Ltda, glicerol y agua destilada.

Se realizó la operación de mezclado de almidón de papa con el glicerol al 3 % y agua destilada al 20 % y alistamiento de PEBD acuerdo a los porcentajes establecidos en el diseño experimental.

Procesos de Extrusión e Inyección

La transformación de este material compuesto se inició con el proceso de extrusión para integrar el almidón con sus aditivos y el polímero sintético para obtener pellets. Para esto se utilizó 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 165 °C con un perfil ascendente en las diez zonas del cañón, temperatura de cabezal de 162 °C, presión de masa 5,3 Bar, revoluciones del tornillo de 70 RPM y torque de 16 N.

Posterior a este proceso, 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 según norma ASTM D-638. Se realizó la puesta a punto máquina y de los equipos periféricos como: mezcladores, molino de cuchillas y chiller de acuerdo a los tratamientos de 5, 15, 20 y 45 % de contenido de almidón para obtener probeta tipo corbatín como producto final. (Ver Figura 1).

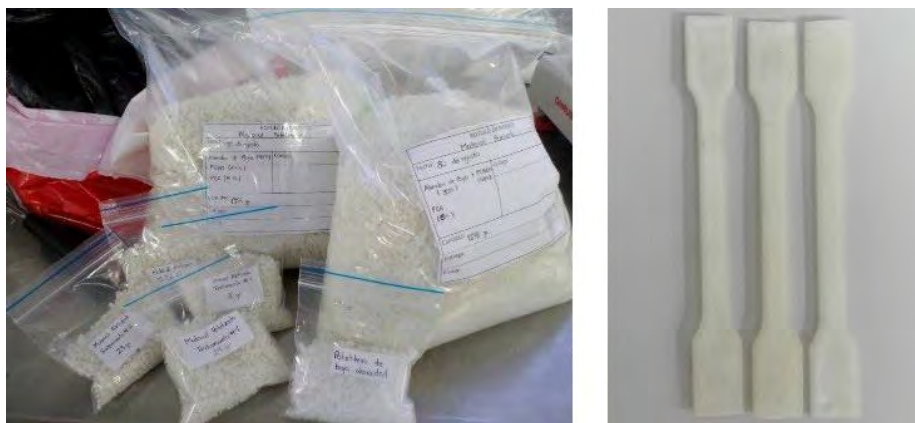


Figura 1. a) Obtención de los pellets. b) Obtención de las probetas tipo corbatín
Fuente: elaboración propia.

Caracterización material compuesto

Se determinó la verificación y comprobación de la degradación utilizando la norma ASTM D -6002 para el alistamiento y preparación del compost midiendo su pH, humedad relativa y temperatura, luego se seleccionarían probetas al azar de los diferentes tratamientos para introducirla bajo tierra siete centímetros (7 cm) durante seis meses sacando muestras cada mes para medir el CO_2 utilizando biómetros y desecadores. La verificación de las propiedades mecánicas se realizó mediante ensayos de tensión que se llevaron a cabo en la máquina universal marca BESMAK BMT-E de 5 toneladas de celda; la 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 y 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) siguiendo las indicaciones de la norma ASTM D-5988.

Resultados y Discusión.

En el proceso de extrusión se obtuvieron filamentos de 3 mm de diámetro, los cuales se llevaron a la máquina peletizadora para obtener pellets de 3 mm de diámetro por 4 mm de longitud. En este proyecto se tuvieron en cuenta los resultados de los trabajos realizados por Ortiz *et al.*, (2013) y Rodríguez-Sandoval; Camargo-Silva; Cruz-Villagrán (2016) donde se procesó película y filamento con mezclas de polietileno de baja densidad con diferentes porcentajes de almidón de papa.

En el proceso de inyección se obtuvo como producto probetas tipos corbatín con los diferentes tratamientos con el material compuesto sin ningún problema, optimizando el ciclo de inyección en 21 segundos. Para el cuadro del proceso se tuvieron en cuenta el trabajos de investigación de Rodríguez-Sandoval; Muñoz-Prieto; Gómez-Pachón (2015).

En los ensayos de biodegradabilidad, de acuerdo a la norma ASTM D-5988, mostrados en la Figura 2 se analizó la producción del dióxido de carbono (CO_2) de la muestras del compost que se tomaron cada mes durante los seis meses del proceso de compostaje. Estas muestras se llevaron al biómetro para la incubación durante cinco días para medir la cantidad de CO_2 , demostrando que el material compuesto es biodegradable ya que el dióxido de carbono disminuye tanto en los días de incubación como con los meses de estar sometido al proceso de compostaje.

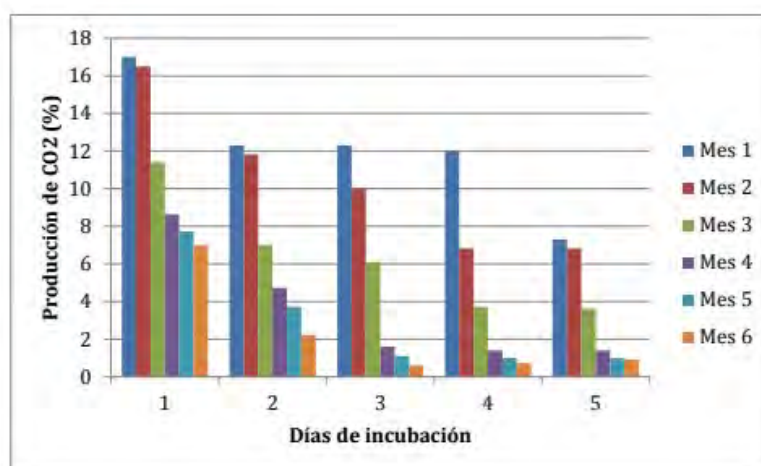


Figura 2. Producción de CO_2 del material compuesto durante proceso de compostaje
Fuente: elaboración propia.

Los ensayos mecánicos de dureza Shore A del material compuesto realizadas durante el proceso de compostaje nos da como resultado la disminución de esta propiedad mecánica, la cual se hace más notoria con los porcentajes de mayor cantidad de almidón, lo que indica la biodegradabilidad del material por medio biológicos presentes en el compostaje (ver Figura 3).

En los ensayos de tensión que se presentan en la Figura 4 se observan las curvas típicas de esfuerzos de deformación de los tratamientos analizados. Se diferencia por colores las líneas de la curva, siendo la verde la que contiene 5 % de almidón, la azul que contiene 15 %, la roja de 20 % y la morada de 45 % de almidón. La forma de las curvas es típica de un material polimérico termoplástico. Se evidencia que las propiedades mecánicas disminuyen al incrementar el porcentaje de almidón y durante el proceso de compostaje como se evidencia en la figura de las pruebas tomadas al mes y luego a los seis meses. Los resultados de tensión han demostrado tener una pérdida de las características mecánicas a mayor tiempo de compostaje, indicando la degradación del material por medios biológicos (Rodríguez-Marín; Bello-Pérez; Yee-Madeira; González-Soto, 2013).

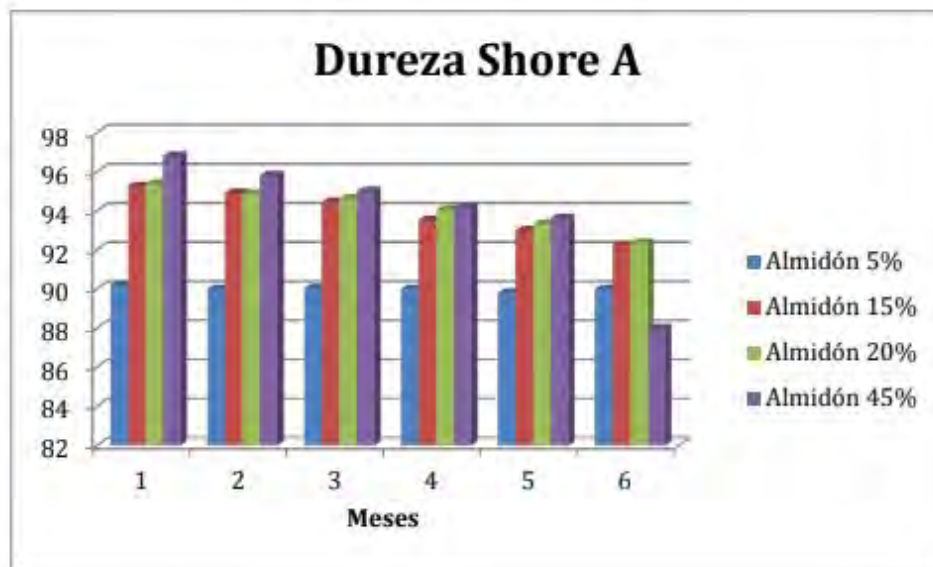


Figura 3. Prueba de dureza tipo Shore A material compuesto durante proceso compostaje
Fuente: elaboración propia.

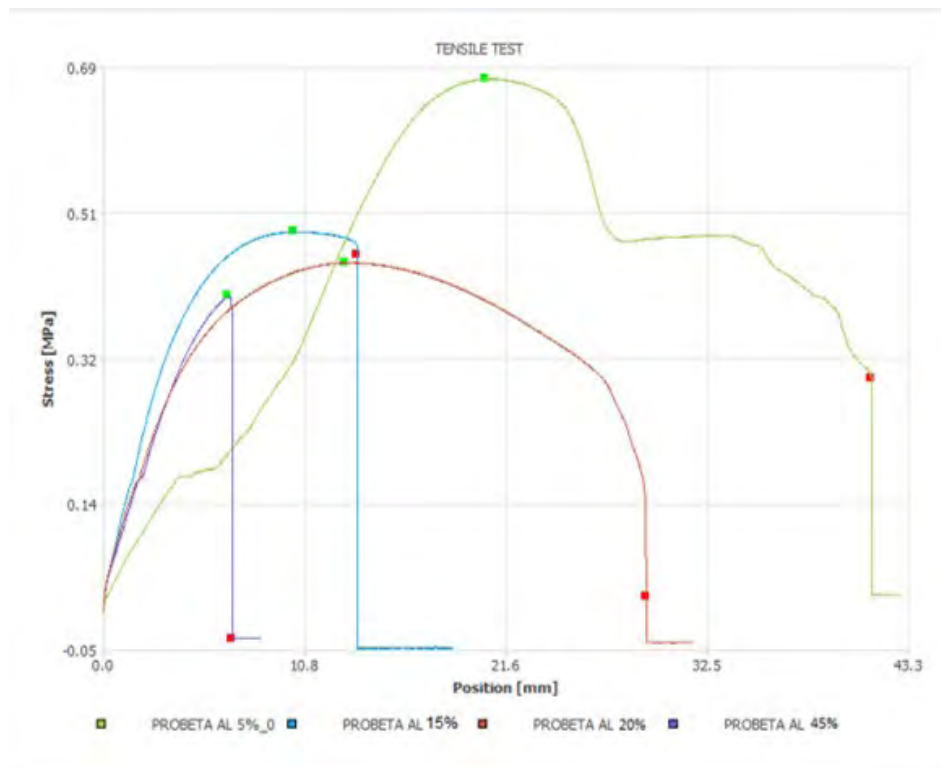


Figura 4. Pruebas de tensión para el biopolímero con diferentes contenidos de almidón de papa.
Fuente: elaboración propia.

En las imágenes de microscopía, su microestructura muestra que existen dos componentes; el almidón se presenta en forma de grano blanco mezclado con la base polimérica color gris.

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 que se incrementan a través del proceso de compostaje. Comparado con los trabajos de investigación de Arévalo-Niño (1996) y Villada; Acosta; Velasco (2007), en el ensayo SEM, se observa que no existe homogeneidad en su microestructura (ver Figura 5).

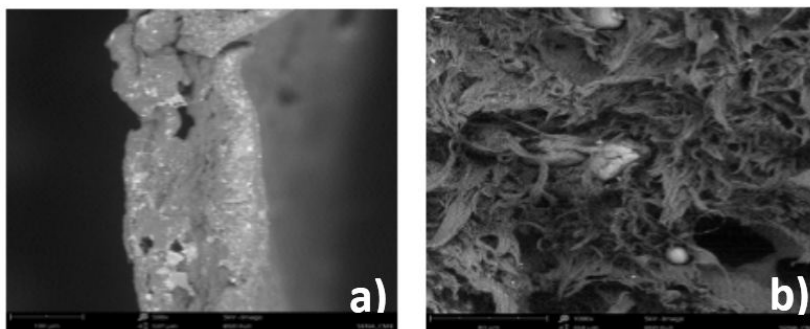


Figura 5. a) Microscopía del material compuesto antes del proceso de compostaje. b) después del proceso de compostaje
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Con este trabajo de investigación se muestra como resultados la obtención de un nuevo material compuesto que innovará los procesos de transformación de inyección y extrusión siendo amigable con el medio ambiente. Los resultados que se obtuvieron en las pruebas realizadas y analizadas según la norma ASTM D -5988, que comprueba la degradación del material, permitirá el procesamiento de productos de las líneas industriales y productos de un solo uso, logrando un aporte a la solución del problema de la contaminación ambiental que se presenta en el mundo.

Agradecimientos

Al subdirector del Centro de Materiales y Ensayos Regional Distrito Capital por el apoyo a este trabajo de investigación; al grupo SENNOVA, al grupo Gimes, a los integrantes del semillero de materiales compuestos y polímeros SIMCOMP por su trabajo y colaboración en este proyecto

Referencias

- Arévalo-Niño, K. (1996). *Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y campo* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/4767/1/1080073271.PDF>
- Rodríguez-Sandoval, Pedro; Muñoz-Prieto, Efrén; Gómez-Pachón, Yesid (2015). Obtención y caracterización de un biodegradable a partir de almidón de papa y polietileno de baja por inyección. En *I Simposio de materiales poliméricos, Informador Técnico*, 79. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Cali, Colombia.
- Ortiz, Moisés; Villalobos, María; Prado, Ma.; Peña, Adriana; Avalos, Tomás; Martínez, María; de León, Juan (2013). Desarrollo de una película plástica a partir de almidón extraído de papa residual. En Ramos, María; Aguilera, Virginia (Eds.) *Ciencias de la Ingeniería*



y tecnología. *Handbook T-1* (186-193). Guanajuato, México: ECORFAN. Recuperado de: <http://www.ecorfan.org/handbooks/pdf/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20y%20Tecnologia%20Handbook%20T-I.pdf#page=197>

Rodríguez-Sandoval, Pedro; Camargo-Silva, Sandra; Cruz-Villagrán, Ingrid (2016). Transformación y caracterización de un bioplástico por los procesos de extrusión e inyección. En *II Simposio de materiales poliméricos, Informador Técnico*, 80(2). Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Cali, Colombia.

Rodríguez-Marín L. M.; Bello-Pérez L. A.; Yee-Madeira H.; González-Soto R. A. (2013). Propiedades mecánicas y de barrera de películas elaboradas con harina de arroz y plátano reforzadas con nanopartículas: Estudio con superficie de respuesta. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12(1), 165-176.

Villada, Héctor; Acosta, Harold; Velasco, Reinaldo (2007). Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables. *Temas Agrarios*, 12(2), 5-19.
<https://doi.org/10.21897/rta.v12i2.652>

Preparación y caracterización de un sistema polimérico bioartificial (*SCAFFOLD*) hecho de quitosano (QT) y alcohol polivinílico (PVA) con potencial en el desarrollo de viabilidad de células óseas

Preparation and characterization of a bioartificial polymer system (*SCAFFOLD*) made of chitosan (QT) and polyvinyl alcohol (PVA) with potential in the development of bone cell viability

Modalidad: Poster

Juan Sebastian Ochoa Melo¹

Sebastian Ramirez Tarazona¹

Julián Camilo Ángel García¹

Andrés Bernal Ballén¹

Hugo Ramiro Segura Puello²

Andrea Catalina Villamil Ballesteros²

Diana Lorena Nieto Mosquera²

Diana Milena Muñoz Forero²

¹ Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica, Vicerrectoría de Investigaciones, Universidad Manuela Beltrán, Avenida Circunvalar No. 60-00, Bogotá 110231, Colombia

² Laboratorio de Investigaciones en Salud. Universidad Manuela Beltrán, Avenida Circunvalar No. 60-00. Bogotá 110231, Colombia

Resumen

Scaffolds hechos de quitosano (QT) y alcohol polivinílico (PVA) a diferentes concentraciones (2:1, 1:1, 1:2) fueron fabricados por el método de liofilización. Los cuerpos porosos obtenidos se caracterizaron por espectroscopía infrarroja (FTIR), grado de hinchamiento (*swelling*) y porosidad. Además, se evaluó la viabilidad celular a través de un ensayo MTT. El estudio FTIR demostró que hay fuertes enlaces de hidrógeno intermoleculares entre las moléculas de QT y PVA. Las pruebas de *swelling* y porosidad mostraron resultados favorables obteniéndose valores máximos de 5519 % y 72,17 % respectivamente. Las pruebas MTT determinaron que los materiales preparados no son citotóxicos. Estos hallazgos permiten sugerir que los *scaffolds* poseen propiedades adecuadas para ser usados en la ingeniería de tejidos.

Palabras clave: alcohol polivinílico; biomateriales; ingeniería de tejido; quitosano; scaffold.

Introducción

La ingeniería de tejidos es una alternativa importante en el desarrollo y futuro de la medicina y se centra en el estudio y desarrollo de substitutos biológicos para reparar o regenerar tejidos y órganos (Archana *et al.*, 2013). Una de las estrategias utilizadas para la regeneración de tejidos es el uso de *scaffolds*, los cuales son estructuras altamente porosas que sirven como molde para guiar la formación de un nuevo tejido (Thein-Han; Misra, 2009). El *scaffold* debe poseer características especiales que le permitan desarrollar su función sin crear una respuesta adversa en el cuerpo. Estas características son: biocompatibilidad con el tejido, biodegradabilidad a una frecuencia ideal que corresponda con la formación del nuevo



tejido, toxicidad nula, propiedades mecánicas óptimas y una morfología adecuada que permita el transporte de células, gases, nutrientes y metabolitos (Archana *et al.*, 2013). Para desarrollar un *scaffold* con estas propiedades, se han estudiado gran variedad de polímeros biodegradables de origen natural y sintético. Principalmente, se ha estudiado la mezcla de estas clases de polímeros, debido a que los polímeros naturales se conocen por tener mejores propiedades biológicas que los sintéticos, mientras que los sintéticos se destacan por sus propiedades mecánicas (Kanimozhi; Khaleel-Basha; Sugantha-Kumari, 2016). La combinación de estos materiales se conoce como sistemas poliméricos bioartificiales (SPBA) (Bernal-Ballen; Lopez-Garcia; Merchan-Merchan; Lehocky, 2018).

Existen múltiples razones clínicas para desarrollar estas alternativas referentes a ingeniería de tejidos óseo, incluida la necesidad de mejores materiales de relleno que puedan usarse en la reconstrucción de defectos ortopédicos grandes y la necesidad de implantes ortopédicos que sean mecánicamente adecuados para su entorno biológico. Los métodos biológicos tradicionales para el manejo de defectos óseos incluyen autoinjerto y aloinjerto de hueso. Aunque estos son tratamientos estándar, se encuentran defectos en su uso, los injertos son avasculares, además, el nuevo mantenimiento del volumen óseo puede ser problemático debido a la resorción ósea (Burg; Porter; Kellam, 2000).

En este contexto, se preparó y caracterizó un SPBA hecho de QT y PVA con el objetivo de evaluar las propiedades del *scaffold* y concluir si el sistema tiene potencial en regeneración ósea.

Materiales y Métodos

Materiales

Se utilizó QT de bajo peso molecular (des-acetilación 75 % - 85 %), PVA (130 000 g/mol, 99 % de hidrólisis), kit CytoSelect Marca Cell Biolabs, Inc., para el estudio de viabilidad celular por compuesto MTT o 3-(4,5- dimetiltiazol-2-ilo)-2,5-difeniltetrazol, y medio de cultivo DMEM (Dubelcco's Modified Eagle Medium) los cuales fueron adquiridos en Sigma Aldrich Colombia.

Métodos

Síntesis del *scaffold*

Se preparó una solución de quitosano (SQT) al 2 % m/v en ácido acético glacial 5 % v/v. El quitosano fue disuelto mediante agitación continua durante 24 h en una plancha de calentamiento marca Heidoplh MR 3001. Posteriormente, se preparó una solución de PVA (SPVA) al 2 % m/v con agua destilada a 80°C mediante agitación continua durante 24 h. Ambas soluciones fueron mezcladas en tres concentraciones diferentes, (i) 25 % SQT – 75 % SPVA, (ii) 50 % SQT – 50 % SPVA, (iii) 75 % SQT – 25 % SPVA. Posteriormente, las soluciones fueron vertidas en moldes cilíndricos de 2 cm de diámetro y 0,5 cm de alto, y congeladas durante 24 h a -20 °C. Finalmente, las soluciones (i), (ii) y (iii) fueron sometidas a un proceso de liofilización a aproximadamente 10^{-2} atm en un liofilizador Supermodulyo Freeze Dryer Marca Thermo Electron Corp, durante 48h hasta obtener los cuerpos porosos.

Pruebas de Caracterización

Espectrofotometría infrarroja de transformada de Fourier (FTIR)

Los espectros para QT, PVA, y las mezclas (i), (ii) y (iii) fueron obtenidos usando un espectrómetro Nicolet iS5 marca Thermo Fisher, equipado con un instrumento de reflectancia total atenuada (ATR), utilizando un cristal de Zn-Se. Cada espectro representa 64 escaneos co-agregados referenciados en contra de una celda ATR. El rango utilizado fue de 4000 a 650 cm^{-1} con una resolución de 1,92.

Prueba de Hinchamiento (Swelling)

La propiedad de un biomaterial de absorber agua influye en la conservación de la estructura del material y el crecimiento celular (Chawla, 1981; Alhosseini *et al.*, 2012). Se tomaron 3 muestras de cada espécimen que fueron pesadas después del proceso de liofilización (W_i) utilizando una balanza analítica KERHN & Sohn GmbH modelo D-72336. Posteriormente, cada espécimen fue sumergido en agua destilada a 20 °C y cada 3 s se retiraban, se secaba la humedad superficial con papel filtro y se pesaba inmediatamente (W_f). Finalmente, para determinar el porcentaje de hinchamiento (W_H), se utilizó la ecuación (1):

$$W_H(\%) = \left(\frac{W_f - W_i}{W_f} \right) * 100 \text{ Ec. (1)}$$

Prueba de Porosidad

La porosidad juega un rol importante en la síntesis de *scaffolds* debido a que los poros proveen nutrición para las células y tejido (Pandey; Srivastava; Gupta; Srivastava; Nidhi, 2016). Los *scaffolds* (peso seco, W) se midieron sumergiéndose en un volumen conocido de agua destilada (V) durante 10 min. El volumen total de agua destilada después de la impregnación en los *scaffolds* se registró como (V_1). Los *scaffolds* impregnados con agua destilada se retiraron del recipiente y el volumen residual se registro como (V_2). Los experimentos se realizaron por triplicado y el porcentaje de porosidad fue calculado mediante la ecuación (2):

$$P(\%) = \left(\frac{V_1 - V_2}{V_1} \right) * 100 \text{ Ec. (2)}$$

Ensayo de viabilidad celular (actividad metabólica) por reducción del compuesto MTT

Los *scaffolds* preparados fueron esterilizados mediante la ubicación en placas estériles marca NEST Biotech de 12 pozos, agregando 3 series de 2 mL v/v de etanol a concentraciones de 70 %, 50 % y 30 %. Cada serie de etanol fue agregada en intervalos de tiempo de 12 h. Posteriormente, se agregó solución fosfato salina (PBS) a cada espécimen con el fin de obtener un pH neutro, y un medio en el que las células puedan sobrevivir. Para el cultivo celular, las células fueron tripsinizadas, centrifugadas y resuspendidas en medio de cultivo DMEM. Se utilizaron placas de 12 pozos, en las que se incubaron osteoblastos. El proceso de incubación se realizó en una incubadora BINDER a 37 °C y 5 % CO₂. Después de 48 h de incubación, se agregó solución de MTT en cada pozo, y se incubó nuevamente de 100 a 120 min. Posteriormente, se retiró todo el medio suspendido en cada pozo y se agregó detergente DMSO, con el fin de solubilizar los cristales de formazan que se forman una vez se agrega el MTT. Los valores de absorbancia fueron medidos en un lector de ELISA Marca Biotek Modelo 800 TS a 590 nm.

Resultados y discusiones

Pruebas de Caracterización

Caracterización por FTIR

La caracterización por FTIR fue utilizada para evaluar los grupos funcionales de los polímeros. Los datos recopilados muestran el espectro FTIR del QT de bajo peso molecular. En la banda de 3000 a 2840 cm⁻¹ se evidencia el estrechamiento de los enlaces C-H de los grupos alquilo. Los picos observados en el intervalo de 1651 a 1346 cm⁻¹ muestran la presencia de la amida I, amida II y amida III, los cuales son grupos característicos del QT. También, los picos pronunciados en 1068 a 889 cm⁻¹ demuestran el estrechamiento de enlaces C-O presentes en el QT (Alhosseini *et al.*, 2012).

En el espectro FTIR para el PVA puro, el rango de 3447 a 3200 cm⁻¹ se puede observar el estrechamiento de los grupos O-H, debido a las fuerzas intermoleculares e intramoleculares de enlaces de hidrógeno (Alhosseini *et al.*, 2012). La banda observada entre 3000 y 2840 cm⁻¹ es el resultado del estrechamiento de enlaces C-H, y los picos mostrados entre 1730 y 1680 cm⁻¹

se deben al estrechamiento de enlaces C=O y C-O de los grupos acetato restantes del PVA (reacción de saponificación del acetato de polivinilo) (Chawla, 1981).

La Figura 1 muestra el espectro FTIR correspondiente a los especímenes (i), (ii) y (iii). En el rango de 3100 a 2800 cm^{-1} , se observa el estiramiento de enlaces C-H. En el rango de 3447 a 3200 cm^{-1} , se pueden observar las vibraciones de los grupos N-H y C-H (Alhosseini *et al.*, 2012; Navarro-Toro, 2005). Cada intervalo puede verse en los apartados (a) y (b) de la Figura 1.

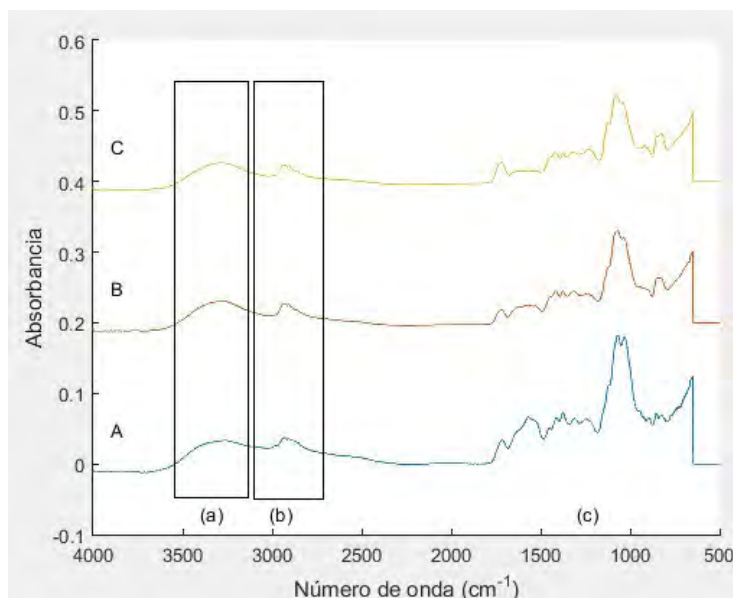


Figura 1. FTIR PVA + Quitosano. A. 75 % QT – 25 % PVA; B. 50 % QT – 50 % PVA; C. 25 % QT – 75 % PVA.
(a) Grupos N-H y O-H; (b) Estiramiento enlaces C-H.

Fuente: elaboración propia

Caracterización por swelling

Uno de los aspectos más relevantes a considerar en el estudio de *scaffolds* es su máximo grado de absorción de agua, ya que la capacidad de absorber y retener agua está directamente relacionada con la capacidad de difusión de nutrientes y oxígeno (Compañ; Guzmán; Riande, 1998).

En la Figura 2 se puede observar el porcentaje de *swelling* de los *scaffolds* para los especímenes (i) 75 % QT – 25 % PVA, (ii) 50 % QT – 50 % PVA y (iii) 25 % QT – 75 % PVA. Los tres especímenes absorbieron un gran porcentaje de agua con respecto a su peso en los 30 s iniciales, con valores de 4839 %, 3980 % y 3589 % para (i), (ii) y (iii), respectivamente. Así mismo, a partir de los 60 s el porcentaje de *swelling* para cada espécimen alcanzó un máximo de 5519 %, 4148 % y 3775 % para (i), (ii) y (iii), respectivamente. Los resultados muestran que el QT influye en gran medida el volumen de *swelling* y lo reduce de 5519 % a 3775 % cuando es mezclado con PVA. La reducción en el volumen de *swelling* se puede atribuir a una red más rígida formada por las reacciones intermoleculares e intramoleculares de los polímeros (Pandey *et al.*, 2016). El aumento en el valor de *swelling* se puede explicar a través de la alta disponibilidad de los grupos amino, responsables de los enlaces no covalentes en el agua, que ocupan el espacio libre entre cadenas y aumentan el volumen de la muestra. El grado de reducción también depende de factores como el peso molecular de los componentes, pH, temperatura (Alhosseini *et al.*, 2012).

Caracterización por porosidad

La porosidad juega un rol importante en los *scaffolds* utilizados en ingeniería de tejidos porque los poros permiten la migración de las células y el crecimiento de vasos sanguíneos a través del *scaffold*. Además, los poros aseguran el intercambio efectivo de nutrientes y desechos entre las células y su microambiente (Alhosseini *et al.*, 2012). La porosidad encontrada

para los especímenes (i), (ii) y (iii) se muestra en la Tabla 1. Se puede observar que la porosidad máxima fue del espécimen (i), con la mayor concentración de QT. Así mismo, el valor mínimo de porosidad se presentó en el espécimen (ii), con una concentración equivalente de QT y PVA. No se obtuvo mayor diferencia en los porcentajes de porosidad de los especímenes (i), (ii) y (iii), esto se debe al proceso de liofilización utilizado en la síntesis del *scaffold*. En la literatura se puede encontrar que al manejar más ciclos en la liofilización el porcentaje de porosidad aumenta (Kanimozhi *et al.*, 2016), mientras que en la metodología de la presente investigación se utilizó un ciclo de liofilización para todos los especímenes. Esto se ve relacionado ya que las muestras en el momento de ser congeladas se someten a un aumento en la presión y el solvente pasa de fase líquida a gaseosa dejando un espacio en donde se forma el poro (Kanimozhi *et al.*, 2016). Generalmente, un alto grado de porosidad es una característica de un *scaffold* ideal utilizado en ingeniería de tejidos. Un gran espacio y nutrición para las células será dado por un *scaffold* con un nivel de porosidad alto (Kanimozhi *et al.*, 2016).

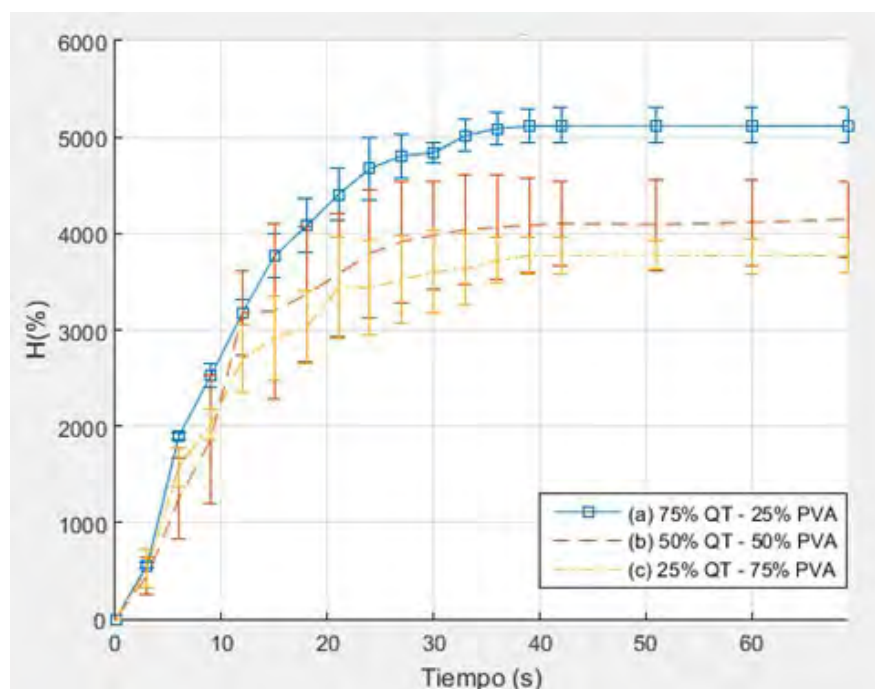


Figura 2. Curva de Hinchamiento de los *scaffolds* preparados.
Fuente: elaboración propia

Tabla 1.
Porcentaje de porosidad especímenes evaluados

Especimen	Porosidad (%)
75% QT - 25% PVA	72,17 ± 4,56
50% QT - 50% PVA	70,12 ± 2,30
75% QT - 25% PVA	70,19 ± 0,38

Fuente: elaboración propia

Caracterización por medio del ensayo de viabilidad celular (actividad metabólica) por reducción del compuesto MTT

En ingeniería de tejidos un SPBA idóneo es aquel que además de tener excelentes propiedades mecánicas, no produzca efectos tóxicos o adversos cuando es aplicado en un tejido vivo. El efecto de los *scaffolds* en la viabilidad de supervivencia y proliferación de osteoblastos fue estudiado por medio del ensayo de viabilidad celular por reducción del compuesto MTT y los resultados pueden verse en la Figura 3.

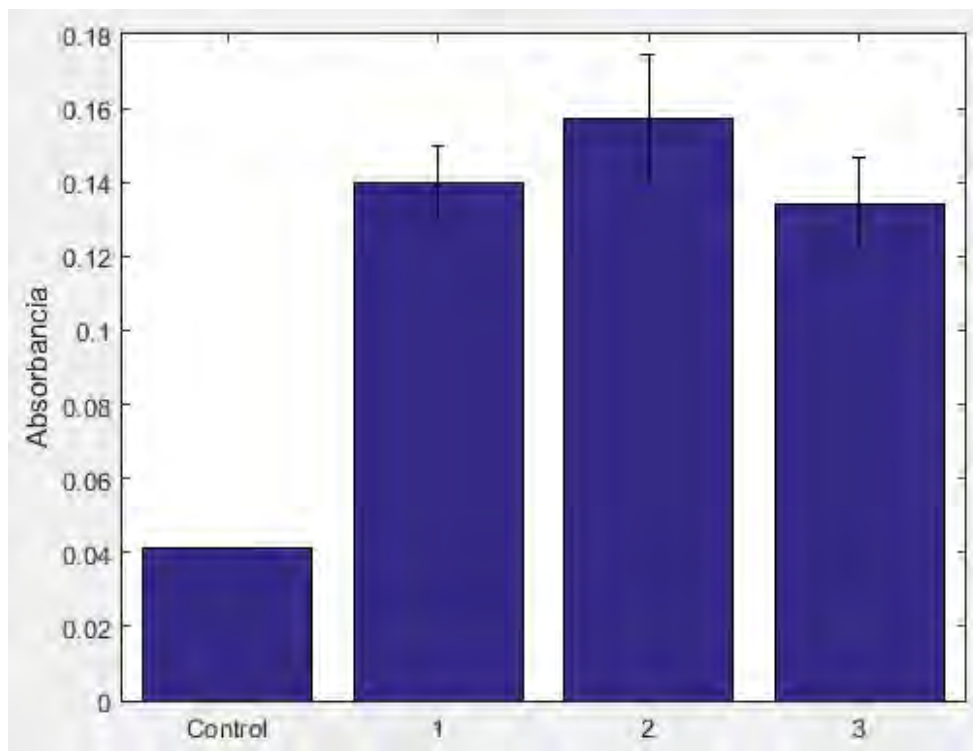


Figura 3. Valores absorbancia de los tres especímenes.
Fuente: elaboración propia

Se puede observar el nivel de absorbancia y desviación estándar obtenido para cada espécimen. Cada valor de absorbancia es el promedio de los valores de absorbancia en cada pozo. Estos valores fueron obtenidos del lector de ELISA. Se puede observar que el valor de absorbancia para los especímenes (i) (ii) y (iii) es considerablemente mayor al del control, lo cual demuestra la presencia de células adheridas al *scaffold* al final del ensayo. Los valores de absorbancia de los diferentes especímenes no presentaron mayor variación. Además, se puede observar que el menor valor de absorbancia se obtuvo en el espécimen con mayor cantidad de QT. Esto puede ser atribuido a la forma de los poros que puede tener el *scaffold*, la cual influencia la adhesión, proliferación y migración de las células (Alhosseini *et al.*, 2012). Así mismo, la alta absorbancia de los especímenes puede explicarse debido al alto nivel de biocompatibilidad que tiene el QT con los osteoblastos (Kanimozhi *et al.*, 2016), y a un adecuado proceso de esterilización.

Conclusiones

En esta investigación se sintetizó un *scaffold* compuesto de QT y PVA. Las pruebas de caracterización indican que la variación de concentración de QT y PVA afecta el comportamiento mecánico y biológico del material. Así, los valores obtenidos en porosidad fueron similares debido a que se utilizó una etapa de liofilización para las tres muestras, proceso el cual permite controlar los valores de esta propiedad. Adicionalmente, los resultados de *swelling* indican que en una concentración con mayor cantidad de QT el *scaffold* obtiene mejores propiedades de hinchamiento debido a la presencia de grupos hidrofílicos en una mezcla PVA-QT, los cuales dependen de la cantidad de PVA. Nuestros resultados coinciden con otros reportados en otras investigaciones. El ensayo MTT indica que debido a los altos valores de absorbancia en conjunto con el proceso de esterilización, se produjo proliferación celular, indicando que el *scaffold* produce un entorno favorable para que se dé el crecimiento celular. Es de destacar que el *scaffold* con mayor cantidad de QT presentó mejores propiedades tanto biológicas como mecánicas, lo que lo hace un candidato apropiado para profundizar su posible uso en el campo de la ingeniería de tejidos.

Agradecimientos

Al laboratorio de biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por permitirnos utilizar sus instalaciones para el desarrollo del trabajo.

Referencias

- Archana, D.; Upadhyay, Laxmi; Tewari, R. P.; Dutta, Joydeep; Huang, Y. B.; Dutta, P. K. (2013). Chitosan-pectin-alginate as a novel scaffold for tissue engineering applications. *Indian Journal of Biotechnology*, 12, 475-482. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/123456789/26232>
- Alhosseini, Naghavi; Moztafzadeh, Fathollah; Mozafari, Masoud; Asgari, Shadnaz; Dodel, Masumeh; Samadikuchaksaraei, Ali; Kargozar, Saeid; Jalali, Newsha (2012). Synthesis and characterization of electrospun polyvinyl alcohol nanofibrous scaffolds modified by blending with chitosan for neural tissue engineering. *International Journal Of Nanomedicine*, 7, 25-34. <https://doi.org/10.2147/IJN.S25376>
- Bernal-Ballen, Andres; Lopez-Garcia, Jorge; Merchan-Merchan, Martha; Lehooky, Marian (2018). Synthesis and Characterization of a Bioartificial Polymeric System with Potential Antibacterial Activity: Chitosan-Polyvinyl Alcohol-Ampicillin. *Molecules*, 23(12), 3109. <https://doi.org/10.3390/molecules23123109>
- Burg, Karen; Porter, Scott; Kellam, James (2000). Biomaterial developments for bone tissue engineering. *Biomaterials*, 21(23), 2347-2359. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(00\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(00)00102-2)
- Chawla, K. (1981). Composite materials 1980: a report on the 3rd International Conference on composite materials, Paris, August 26-29, 1980. *Materials Science And Engineering*, 48(1), 137-141. [https://doi.org/10.1016/0025-5416\(81\)90073-2](https://doi.org/10.1016/0025-5416(81)90073-2)
- Compañ, V.; Guzmán, J.; Riande, E. (1998). A potentiostatic study of oxygen transmissibility and permeability through hydrogel membranes. *Biomaterials*, 19(23), 2139-2145. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(98\)00113-6](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(98)00113-6)
- Kanimozhi, K.; Khaleel-Basha, S.; Sugantha-Kumari, V. (2016). Processing and characterization of chitosan/PVA and methylcellulose porous scaffolds for tissue engineering. *Materials Science and Engineering: C*, 61, 484-491. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.12.084>
- Navarro-Toro, Melba (2005). *Desarrollo y Caracterización de Materiales Biodegradables para Regeneración Ósea* (Tesis doctoral). Universitat Politècnica De Catalunya, Barcelona, España. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93360>
- Pandey, Ekta; Srivastava, Keerti; Gupta, Saurabh; Srivastava, Suravi; Nidhi, Mishra (2016). Some biocompatible materials used in medical practices- a review. *International journal of pharmaceutical sciences and research*, 2748-55.
- Thein-Han, W.; Misra, R. (2009). Biomimetic chitosan-nanohydroxyapatite composite scaffolds for bone tissue engineering. *Acta Biomaterialia*, 5(4), 1182-1197. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2008.11.025>



Variables influyentes en la elaboración de bioplásticos a partir del ñame

Influential variables in the production of bioplastics from yam

Modalidad: Poster

María Bernarda Alvarado Bawab¹
Humberto Badel-Venera²
Alix Iguarán-Rolón³

¹ Institución Universitaria ITSA, grupo de investigación en Procesos Industriales y energías renovables, calle 17 No 39 - 100, Barranquilla, Colombia. mbalvarado@itsa.edu.co

² Institución Universitaria ITSA, Semillero de investigación de Materiales y Bioprocesos, calle 17 No 39 - 100, Barranquilla, Colombia. humbertobadel@gmail.com

³ Institución Universitaria ITSA, Semillero de investigación de Materiales y Bioprocesos, calle 17 No 39 - 100, Barranquilla, Colombia. alixvanesaiguaran@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo es evaluar los factores influyentes en el proceso de obtención de bioplástico a partir del ñame, para esto se realizó una descripción del proceso, se seleccionaron las variables objeto de estudio a partir de pruebas preliminares y de la elaboración de curvas de secado, se construyó un diseño de experimentos y su protocolo de experimentación minimizando los ruidos experimentales controlables, se analizaron los resultados mediante el análisis de normalidad de la varianza – ANOVA- y por último se estableció el efecto de cada uno de los factores en la obtención del biopolímero. Este trabajo, constituye la base para la optimización de recursos y el rendimiento del proceso de la elaboración de bioplásticos a partir del ñame.

Palabras clave: ácido acético; bioplástico; ñame; temperatura; tiempo.

Introducción

En la actualidad el mundo se ve envuelto en la creciente necesidad de desarrollar nuevos materiales que sustituyan a aquellos derivados del petróleo como son los plásticos. Existen muchos materiales residuales de la agricultura que se destruyen sin ser utilizados, o se utilizan de una forma poco económica, que pueden ser empleados como materia prima para la elaboración de nuevos productos biodegradables (Valarezo-Ulloa, 2012). La introducción del almidón en la obtención de polímeros biodegradables es de especial importancia por ser un recurso renovable que reemplaza los recursos no renovables como el petróleo, del cual se fabrican muchos polímeros sintéticos tradicionales.

Por otra parte, los residuos representan problemas que afectan la salud de los seres vivos y la estabilidad del ambiente. Los plásticos le dan innegables beneficios a la sociedad (Téllez-Maldonado, 2012), pero es el material más frecuente en los residuos y por ser derivado del petróleo es prácticamente indestructible y permanece en la extensión de la tierra por miles de años. En busca de mitigar este inconveniente se han realizado esfuerzos por desarrollar materiales cuyas características sean lo más similares posibles al plástico a partir de materias primas de origen vegetal como los biopolímeros cuya base es el almidón obtenido de diferentes vegetales como: el ñame (Tejada-Benítez *et al.*, 2008), la yuca (Valarezo-Ulloa, 2012), el aguacate, la papa, entre otros.

En el mundo existen 600 especies de ñame comestible y en Colombia se han identificado más de 80 especies entre las que se cultivan y las que crecen de manera silvestre (Avila-Tordecilla, 2013). Dentro de las clases de ñame más representativas en la Región Caribe tenemos: el ñame espino (criollo y mejorado), el ñame criollo (Peludo, manteca, plateño, azúcar, oso, y diamante), el ñame tumba y el yampin o familia; puede ser llamado de diferentes maneras en regiones específicas. El ñame espino ha sido empleado en este trabajo por ser el más producido en Colombia.

Materiales y Métodos

La metodología empleada para la obtención del bioplástico consistió en dos etapas: la extracción del almidón contenido y posterior elaboración del bioplástico.

Para la obtención del almidón se retiró la corteza, se picó y se lavó para obtener 300 g de pulpa de ñame. Se licuó agregando 300 gr de agua durante 3 min. Se filtró el líquido resultante y se dejó reposar durante 8 horas obteniendo un sedimento blanquecino definido en el fondo de la suspensión, se removió el agua y el sedimento se dejó secar durante ocho horas a temperatura ambiente obteniendo así el almidón del ñame.

Se planeó el diseño de experimento factorial completo con un nivel de confianza del 95 % en donde se evaluó el efecto de la masa de ácido acético y temperatura de procesamiento a fin de identificar las condiciones en las que se obtiene mayor cantidad de biopolímero como se presenta en la Tabla 1. Se llevaron a cabo las corridas experimentales con una réplica y de forma aleatorizada. Se realizó el análisis de normalidad de la varianza ANOVA empleando la herramienta computacional Statgraphics.

Tabla 1.
Diseño de experimentos factorial completo

Factor - Nivel	1	2	3
% ácido acético	14	19	22
Tiempo (h)	0,50	1	
Temperatura (°C)	180	220	

Fuente: elaboración propia.

Para la fabricación del bioplástico, el almidón obtenido se mezcló con 3,8g de glicerina, 5ml de agua destilada y ácido acético (m_{AA}) de acuerdo al tratamiento a realizar. La mezcla fue calentada a una temperatura dada (T) durante un tiempo (t) suministrándole agitación constante. Se depositó en un molde dejando enfriar durante 5 horas a temperatura ambiente.

Para obtener el diseño de experimentos planteado se realizaron pruebas preliminares evaluando varios métodos de procesamiento y otros factores que se mantuvieron constantes como la cantidad de glicerina, cantidad de agua, método de obtención del almidón, entre otros.

El presente análisis experimental tuvo por objeto estudiar la influencia de los factores cantidad de ácido acético, temperatura y tiempo sobre la pérdida de peso como variable de respuesta. Lo anterior, fue indispensable para construir las curvas de secado para cada tratamiento.

Resultados y discusiones

Con el fin de conocer el comportamiento del proceso de secado, se construyó la gráfica de la pérdida de peso en función del tiempo para diferentes fracciones de ácido acético en la formulación para la obtención del biopolímero a partir de ñame a 180 °C como se observa en la Figura 1.

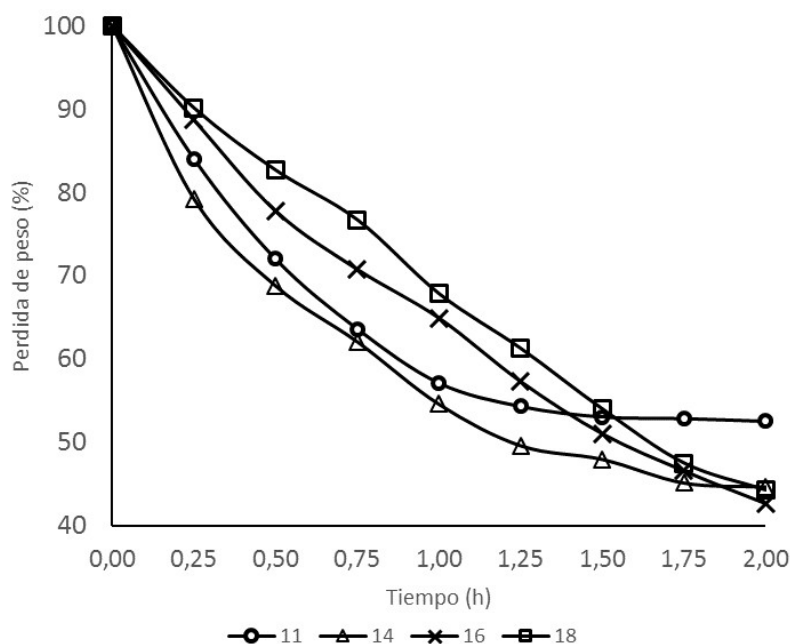


Figura 1. Curva de secado en función del porcentaje de ácido acético en el biopolímero a partir de almidón de ñame.
Fuente: elaboración propia.

De la Figura 1, se analiza que la curva de secado llega a su etapa estable en las menores concentraciones de ácido acético, por lo cual se infiere que el biopolímero logra concentrarse en aproximadamente una hora de procesamiento. Con base a estos resultados se decidió acotar el diseño de experimentos hasta este tiempo.

Para el análisis del diseño de experimentos se planteó la hipótesis nula y la hipótesis alternativa para determinar qué factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el porcentaje de pérdida de peso. El análisis de normalidad de la varianza – ANOVA – arrojó que el valor P para el tiempo, la temperatura y el porcentaje de ácido acético son menores que 0,05 al igual que para la interacción ácido acético – tiempo como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2.
Análisis de Varianza para % Pérdida de peso - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:% ácido acético	1145,15	2	572,575	133,22	0,0000
B:Temperatura (T)	223,382	1	223,382	51,98	0,0000
C:tiempo (t)	1179,08	1	1179,08	274,34	0,0000
INTERACCIONES					
AB	5,53653	2	2,76827	0,64	0,5424
AC	75,4105	2	37,7053	8,77	0,0045
BC	0,48735	1	0,48735	0,11	0,7421
ABC	10,8912	2	5,4456	1,27	0,3168
RESIDUOS	51,5742	12	4,29785		
TOTAL (CORREGIDO)	2691,51	23			

Fuente: elaboración propia

Los resultados del Análisis de Varianza arrojan que los tres factores estudiados son influyentes sobre la pérdida de peso durante el proceso.

De igual forma se presenta la gráfica de interacción de los factores (ver Figura 2), en esta se puede analizar que para obtener la mayor pérdida de peso se hace necesario llevar a cabo el proceso con la menor cantidad de ácido acético a la temperatura de 220 °C.

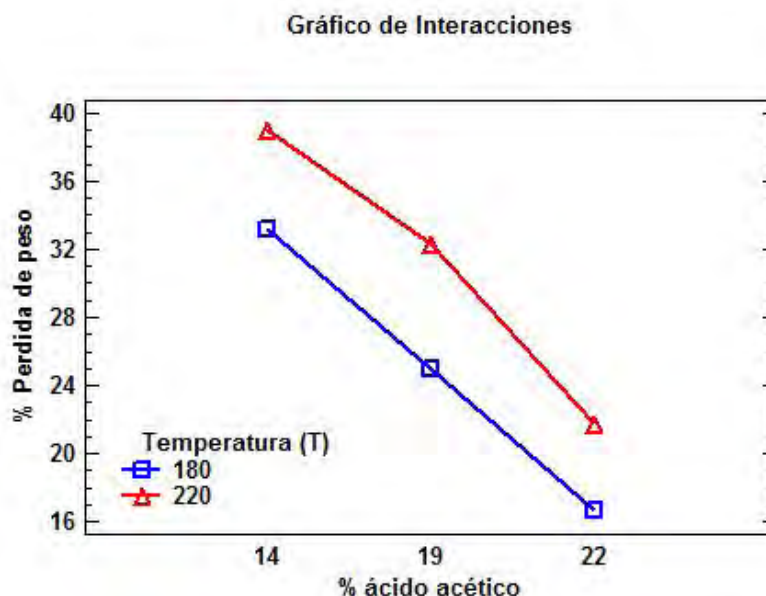


Figura 2. Gráfico de interacción para los factores influyentes en la elaboración de biopolímero a partir de ñame.
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La temperatura, el tiempo y el porcentaje de ácido acético son factores influyentes en el proceso de elaboración de bioplástico a partir del ñame. Para obtener la mayor cantidad de bioplástico se recomienda trabajar con concentraciones bajas de ácido acético y una hora de secado a una temperatura por lo menos de 180 °C. Es necesario realizar análisis de caracterización estructural del producto obtenido y pruebas mecánicas para definir sus posibles aplicaciones en el mercado.

Agradecimientos

Se agradece a los estudiantes del semillero de investigación de materiales y bioprocesos por su empeño en el desarrollo de las corridas experimentales.

Referencias

Avila-Tordecilla, Manuel (2013). Manejo integrado del cultivo del ñame espino. Universidad De La Salle.
Recuperado de
<https://sites.google.com/site/cultivodenameencolombia/manejo-integrado-del-cultivo-de-name>

Tejeda-Benítez, Lesly; Tejeda-Tovar, Candelaria; Villabona-Ortiz, Angel; Tarón-Dunoyer, Arnulfo;



Barrios-Mindiola, Rusbelt; Tejeda-Benítez, Leanny (2008). Aprovechamiento del ñame espino (*dioscorea rotundata*) en la producción de bioplásticos. *Prospectiva*, 6(1), 68–74. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250973012>

Téllez-Maldonado, Alejandra (2012). La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/7080/>

Valarezo-Ulloa, María (2012). Desarrollo de biolímeros a partir de almidón de corteza de yuca (*Manihot esculenta*) (Tesis de pregrado). Universidad Técnica particular de Loja, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/2733>

Estudio experimental para el establecimiento de protocolos para caracterizaciones de concentraciones de biopolímeros de diferentes medios acuosos (agua dulce, salmuera) utilizados en recobro mejorado a través de diferentes técnicas

Experimental study for the establishment of protocols for characterization of biopolymer concentrations of different aqueous media (fresh water, brine) used in improved recovery through different techniques

Modalidad: Poster

Luisa Triana¹
Paola Vera¹
Carolina Ardila-Suárez^{1,2}
Rubén-Hernán Castro-García¹
Henderson-Iván Quintero-Pérez³
Eduardo Manrique³
Gustavo E. Ramírez-Caballero^{1,2*}

¹ Grupo de Investigación en Polímero y 2. Centro de Investigaciones en Catálisis, Parque Tecnológico de Guatiguará (PTG), km 2 vía El Refugio, Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta (Santander), 681011, Colombia.

³ Ecopetrol S.A.- Centro de Innovación y Tecnología (ICP), A.A. 4185. Km. 7 vía Piedecuesta (Santander), Colombia. *gusramca@uis.edu.co

Resumen

La recuperación mejorada de petróleo (EOR) surge con el propósito de aumentar el factor de recobro, permitir la extracción profunda y hacer de esta una práctica amigable con el medio ambiente. Uno de estos métodos consiste en la inyección de polímeros (contiguo a la inyección de agua), con el que se busca mejorar la relación de movilidad agua-petróleo, provocando el desplazamiento eficiente del aceite. Sin embargo, en la inyección de polímeros se debe considerar la retención de este en el material rocoso. Es por esto que ésta revisión implementa nuevas técnicas como la termogravimetría, conductividad y espectroscopía ultravioleta-visible, que en conjunto con modelos matemáticos, representan una alternativa prometedora para cuantificar la retención de polímeros en medios porosos.

Palabras clave: Medición concentración polímeros, recobro mejorado, TGA, UV-VIS, conductividad.

Introducción

La recuperación mejorada de petróleo hace referencia a la recuperación de petróleo mediante la inyección de fluidos como productos químicos, gases miscibles o bien sea la inyección de energía térmica (Sheng, 2011). En la actualidad, representa gran importancia debido a que los recursos petroleros se están agotando (Raffa; Broekhuis; Picchioni, 2016) y se hace necesario explorar en las reservas de los mismos. La inyección de agua es uno de los procesos de hidrocarburos más conocidos, que se



implementa con la finalidad de mantener la presión y proporcionar el desplazamiento dentro del yacimiento, pero debido a la diferencia de viscosidades entre el petróleo y el agua, este desplazamiento es inestable (Rashidi; Blokhuis; Skauge, 2010). Por ello, se inyecta un polímero, con el propósito de aumentar la viscosidad del fluido inyectado y conseguir la estabilidad necesaria del desplazamiento de esta.

Entre los polímeros más empleados en el recobro mejorado se destaca la poliacrilamida hidrolizada (HPAM), por sus buenas propiedades como viscosificador y características fisicoquímicas. Sin embargo, manifiesta limitaciones de temperatura y salinidad (Abidin; Puspasari; Nugroho, 2012), por lo cual se han implementado los biopolímeros que son resistentes y cumplen con los requisitos técnicos y ambientales del recobro mejorado, presentando una estabilidad química superior a la de los polímeros convencionales (Pu; Shen; Wei; Yang; Li, 2018).

En el proceso de recobro mejorado se presenta el factor de retención del polímero en el material rocoso, causada por la adsorción sobre la superficie del material y el entrapamiento mecánico en poros que son más pequeños en comparación con la molécula, provocando de esta manera **pérdida del polímero en solución**, baja eficiencia y retraso en la tasa de propagación (Nieto-Barrero; Ortega-García, 2016).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente y con el fin de implementar nuevas técnicas de caracterización que permitan cuantificar la retención de los polímeros en medios porosos, este trabajo se lleva a cabo gracias a la alianza entre Ecopetrol y la Universidad Industrial de Santander, en el marco de Ciencia y Tecnología en el recobro mejorado, donde se busca desarrollar protocolos prácticos para la caracterización de biopolímeros empleados en el recobro mejorado, mediante la integración de diferentes técnicas como lo son de termogravimetría, conductividad y espectroscopia ultravioleta-visible, técnicas más sencillas y factibles a las habituales, utilizando diferentes medios acuosos (agua dulce, salmuera), y de igual manera, establecer curvas de calibración que relacionen las concentraciones de polímeros convencionales y biopolímeros, con parámetros como absorbancia y conductividad, a partir de diversos modelos matemáticos.

Materiales

Los polímeros utilizados en estas pruebas fueron elegidos teniendo en cuenta su importancia en la industria del recobro mejorado, entre ellos se encuentran: el polímero sintético HPAM (Poliacrilamida hidrolizada) de muy alto peso molecular y los biopolímeros producidos en procesos de fermentación (Pu, *et al.* 2018), igualmente se trabajó con salmuera sintética de concentración representativa (aproximadamente 3900 ppm) que contenía NaCl, KCl, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ y $CaCl_2 \cdot 2H_2O$.

Las muestras analizadas en el TGA se prepararon con concentraciones desde 250 ppm hasta 1000 ppm, en el UV-VIS se trabajaron concentraciones desde 0 ppm hasta 1000 ppm, al igual que para las pruebas de conductividad. Con el fin de garantizar una mezcla completamente homogénea se tuvo en cuenta la norma API-RP-63 en la cual se establece un proceso estandarizado en el mezclado.

Métodos

Análisis termogravimétrico. Técnica que proporciona información cuantitativa sobre la cinética de la descomposición térmica de los materiales poliméricos a partir de los cuales se puede evaluar la estabilidad térmica, además presenta ventajas como tamaño de muestra pequeño, el material puede estar en diferente estado y el proceso de medición y obtención de resultados es relativamente rápido (Groenewoud, 2001). Para analizar el proceso de descomposición de las soluciones poliméricas, se realiza la caracterización de las muestras por el TGA usando una rampa de calentamiento de 10 °C/min hasta una temperatura final de 600 °C con un flujo de purga de nitrógeno de 25 mL/min. Las pruebas se realizaron por triplicado.

Conductividad. Método de prueba aplicable a la detección de impurezas y en algunos casos a la medición cuantitativa de los constituyentes iónicos disueltos presentes en el agua (Rodríguez-Machin; Hoffner; Stahl; Rivera-Borroto, 2008). Se pretende relacionar esta medida con el comportamiento de soluciones poliméricas (preparadas con salmuera), para así construir curvas de conductividad eléctrica en función de la concentración de polímero. Se agregó exceso de NaCl sobre las soluciones poliméricas, teniendo en cuenta que la mayoría de los yacimientos presentan altas salinidades y además se mejora la solubilidad del polímero (Rashidi, *et al.*, 2010). Finalmente se realizaron las mediciones de conductividad por triplicado empleando el electrodo de conductividad HI763100 HANNA edge.

UV-VIS con fenol y ácido sulfúrico. El fenol en presencia del ácido sulfúrico se usa para la determinación colorimétrica cuantitativa de los carbohidratos totales en una muestra de azúcares y sus derivados metílicos, oligosacáridos y polisacáridos (Dubois; Gilles; Hamilton; Rebers; Smith, 1956). Para este método se requirieron 2 mL de solución polimérica, y a esta se le agregó 1 mL de fenol al 5 % y 5 mL de ácido sulfúrico. Se dejó reposar la mezcla por 10 minutos y se agitó en un Vortex durante 30 segundos. Seguido, se enfrió la mezcla de 10 a 20 minutos y finalmente se leyó la absorción de luz UV a 490 nm empleando un espectrofotómetro UV-VIS.

Resultados y discusiones

Análisis termogravimétrico. Los termogramas de los polímeros en estudio se presentan en la Figura 1. Destaca inicialmente la pérdida de agua, la degradación del polímero y finalmente el remanente de cenizas.

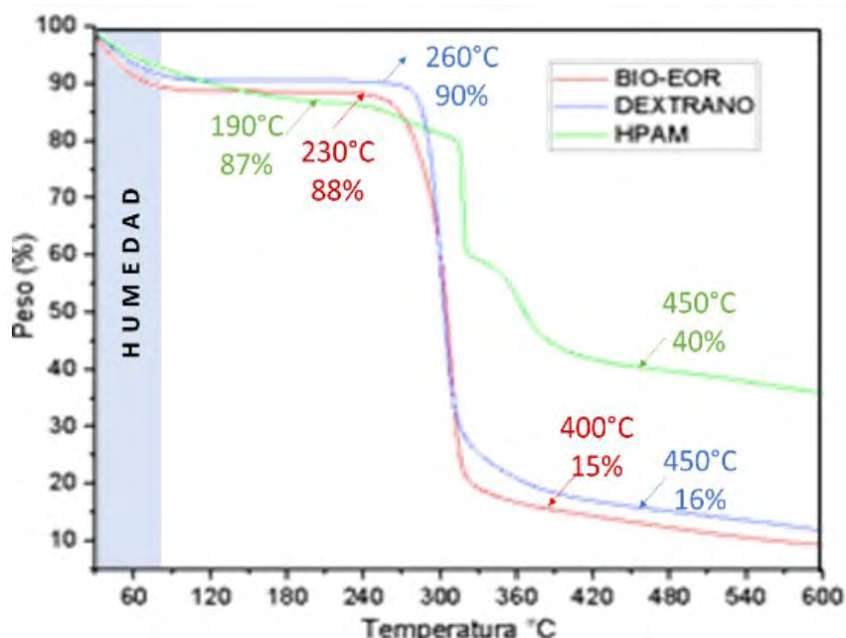


Figura 1. Termograma BIO-EOR, Dextrano y HPAM en estado sólido. Rampa de calentamiento 2 °C/min
Fuente: elaboración propia.

La estimación cuantitativa del polímero en salmuera se realizó teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la degradación de las soluciones poliméricas a diferentes concentraciones. El cálculo se estima a partir de las temperaturas de descomposición reportadas en los sólidos y ajustando las temperaturas de remoción de agua y descomposición de polímero, de manera que el error sea el más bajo.

Tabla 1.

Resultados de concentración del HPAM y BIO-EOR, con su respectivo error.

HPAM (Rango de temperatura de descomposición 190-450 °C)			BIO-EOR (Rango de temperatura de descomposición 240-400°C)		
Concentración teórica [ppm]	Concentración experimental [ppm]	Error [%]	Concentración teórica [ppm]	Concentración experimental [ppm]	Error [%]
1000	937,75	6,22	1000	1037,50	3,75
700	666,05	4,85	700	617,50	11,79
500	521,70	4,34	500	468,00	6,40
300	392,68	30,89	300	380,00	26,67
250	380,83	52,33	250	455,00	82

Fuente: elaboración propia.

En esta técnica se realizó un análisis para múltiples soluciones poliméricas con diferentes concentraciones que permitió correlacionar un método estandarizado, con el fin de establecer un protocolo basado en el comportamiento de manera sistemática para cada uno de los polímeros.

Conductividad. El exceso de NaCl sobre las soluciones poliméricas mejora la solubilidad del polímero, es decir, que a mayor concentración de NaCl, se obtiene una mayor solubilidad del polímero que a una concentración más baja de esta sal.

Cada una de las soluciones poliméricas preparadas tiene en común valores de conductividad con una ligera variación a medida que cambia la concentración de polímero, y se puede constatar en las pendientes de las ecuaciones, que presentan valores pequeños, en su mayoría en un orden de 10^{-4} . En la Figura 2 se presentan los resultados resumidos de las soluciones poliméricas por separado.

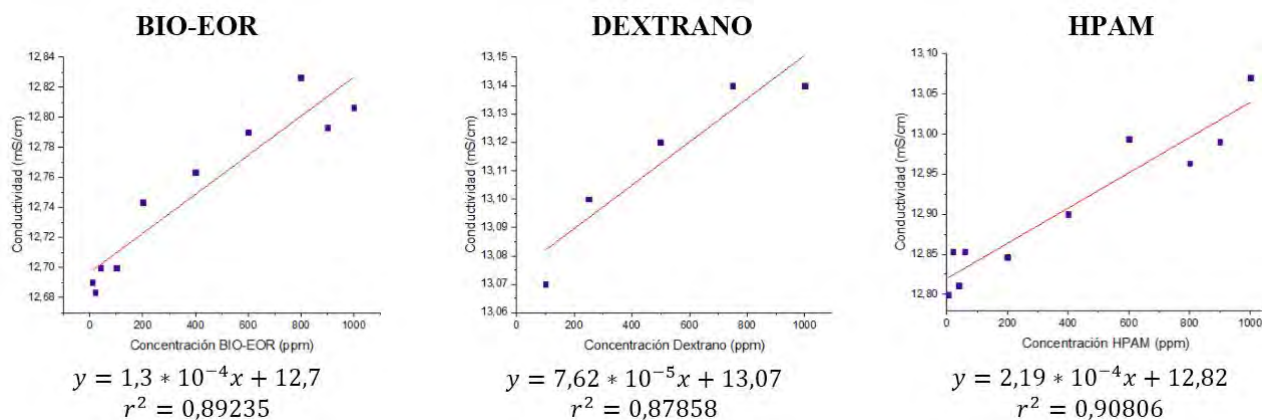


Figura 2. Gráficas obtenidas con las lecturas de conductividad de las soluciones poliméricas.

Fuente: elaboración propia.

UV-VIS fenol-ácido. Se evaluó la técnica de caracterización UV-VIS para 2 rangos diferentes de concentraciones (0-250 ppm) y (250-1000 ppm), se observó que la curva de calibración del método de UV-VIS fenol-ácido (ver Figura 3), presenta un comportamiento que se ajusta a una tendencia lineal con un coeficiente de determinación $r^2=0,95584$ y $r^2=0,95788$ respectivamente a cada rango de concentración, representando una alternativa prometedora para la medición de concentración de polímeros.

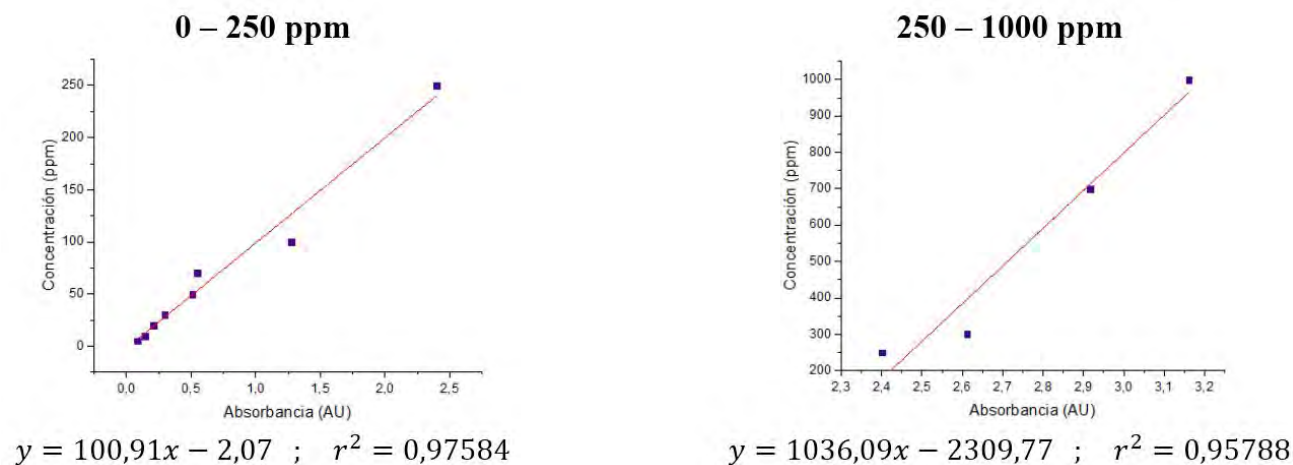


Figura 3. Resultados de concentración en función de la absorbancia, usando solución de BIO-EOR/salmuera.
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Con esta investigación se logró establecer una serie de nuevas técnicas de cuantificación de polímeros más factibles y sencillas a las que se realizan industrialmente, encontrando métodos que contrarrestan esta dificultad y que, en conjunto con modelos matemáticos, aportan iguales beneficios en su caracterización. De esta manera se sugiere trabajar con todos los polímeros en las técnicas mencionadas, además se recomienda mejorar el método termogravimétrico ajustando el rango de temperatura para establecer una mayor precisión y asertividad en este.

Agradecimientos

El presente trabajo se encuentra financiado en el marco del acuerdo 25 derivado del contrato marco de cooperación 5222395, Alianza Universidad Industrial de Santander, UIS, y ECOPETROL S.A.

Referencias

- Abidin, A. Z.; Puspasari, T.; Nugroho W.A. (2012). Polymers for Enhanced Oil Recovery Technology. *Procedia Chemistry*, 4, 11-16.
<https://doi.org/10.1016/j.proche.2012.06.002>
- Dubois, Michel; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A.; Smith, Fred (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3), 350-356.
<https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
- Groenewoud, W. M. (2001). Chapter 2: Thermogravimetry. En Groenewoud, W. M. (Ed.), *Characterisation of Polymers by Thermal Analysis*. Elsevier Science B.V., 61-76.
<https://doi.org/10.1016/B978-044450604-7/50003-0>
- Nieto-Barrero, Luisa; Ortega-García, Braulio (2016). *Evaluación técnico financiera para un proyecto de inyección de polímeros en el bloque río Ariari en la cuenca de los llanos orientales mediante simulación numérica de yacimientos* (Tesis de pregrado). Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia, 213pp. Recuperado de <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/626>



- Pu, Wanfen; Shen, Chao; Wei, Bing; Yang, Yang; Li, Yibo (2018). A comprehensive review of polysaccharide biopolymers for enhanced oil recovery (EOR) from flask to field. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 61, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.12.034>
- Raffa, Patrizio; Broekhuis, Antonius; Picchioni, Francesco (2016). Polymeric surfactants for enhanced oil recovery: A review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 145, 723-733.
<https://doi.org/10.1016/j.petrol.2016.07.007>
- Rashidi, Masoud; Blokhus, Anne; Skauge, Arne (2010). Viscosity study of salt tolerant polymers. *Journal of applied polymer science*, 117(3), 1551-1557.
<https://doi.org/10.1002/app.32011>
- Rodríguez-Machin, Lizet; Hoffner, Bernhard; Stahl, Werner; Rivera-Borroto, Oscar (2008). La conductividad como herramienta para evaluar el funcionamiento del proceso de lavado en cama móvil. *Afinidad: Revista de química teórica y aplicada*, 65(538), 457-462.
- Sheng, James (2011). Chapter 1: Introduction. En Sheng, James (Ed.), *Modern Chemical Enhanced Oil Recovery* (1-11). Gulf Professional Publishing.
<https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-745-0.00001-2>

Nuevos biomateriales en regeneración pulpar: revisión de literatura

New biomaterials in pulp regeneration: literature review

Modalidad: Poster

Ingrid Zamora¹
Gilbert Alfonso²
Mayra Valencia³

¹ Universidad del Valle, Biomateriales dentales, ingrid.zamora@correounivalle.edu.co, Cali, Colombia

² Universidad del Valle, Biomateriales dentales, gilbert.morales@correounivalle.edu.co, Cali, Colombia

³ Universidad del Valle, Materiales Compuestos, valencia.mayra@correounivalle.edu.co, Cali, Colombia

Resumen

Se realizó una búsqueda bibliográfica en Pubmed, Lilacs, Medline via Ovid y Google Académico, se eligieron artículos según criterios de selección establecidos: estudios *in vitro* que evaluaran el efecto de quitosano, hidrogeles y óxido de grafeno sobre las células madre mesenquimales. Resultados: Se identificó un número total de 4406 referencias de las cuales, 4149 artículos fueron elegibles para revisión por título y resumen, se eliminaron 4129 que no cumplían los criterios de inclusión, por lo tanto, 20 artículos fueron seleccionados para evaluación de texto completo, se eliminaron 14, dejando finalmente 6 documentos para ser analizados en esta revisión, se realizó un análisis descriptivo. Conclusiones: todos los materiales evaluados son biocompatibles; sin embargo, el material que presentó mayor viabilidad celular es el quitosano.

Palabras clave: andamios del tejido; células madre de la pulpa dental; endodoncia regenerativa hidrogeles; quitosano; óxido de grafeno.

Introducción

La endodoncia regenerativa se ha definido como, un conjunto de terapias de ingeniería tisular basadas en la biología, que buscan reemplazar el complejo dentino pulpar afectado por caries, trauma o anomalías de desarrollo, tratando de restablecer las funciones fisiológicas de la pulpa dental y la curación de patologías periapicales, estas técnicas incluyen una triada de elementos: células madre, factores de crecimiento y andamios (Marí-Beffa; Segura-Egea; Díaz-Cuenca, 2017)

Los efectos de los biomateriales usados en los andamios sobre las células madre que forman parte de la triada de procedimientos de endodoncia regenerativa ha sido ampliamente investigado en un gran número de estudios, pero la elección del material ideal aún sigue siendo discutible (Murray; Garcia-Godoy; Hargreaves, 2007).

El objetivo de esta revisión de literatura fue buscar los resultados más actuales sobre el uso de nuevos biomateriales en matrices intracamerales que promueven la diferenciación de las células madre, con el objetivo de presentar un tratamiento alternativo en la endodoncia regenerativa.



Materiales y Métodos

Se realizó como pregunta PICO: ¿Cuál es el efecto del quitosano, los hidrogeles y el óxido de grafeno sobre las células madre de la pulpa dental en términos de biocompatibilidad, citotoxicidad y diferenciación celular?

Inicialmente para realizar la búsqueda decidimos normalizar algunos términos con el “MESH” “Decs” tesauros de Pub-Med y Lilacs respectivamente, adicionalmente se realizó búsqueda de los términos naturales adecuados para usar Google Académico.

Una vez normalizados los términos se realizó una búsqueda exhaustiva entre mayo y junio de 2019, sin límite de año incluyendo idiomas inglés y español en 4 bases de datos (PubMed, Lilacs, Medline Via Ovid y Google Académico) usando combinaciones entre las palabras clave (Chitosan, Alginates, Graphene Oxide, Dental Pulp Stem Cells, Dental Stem Cells, Mesenchymal Stem Cells, Scaffolds, Dental Pulp, Regenerative Endodontics) (ver Tabla 1).

Tabla 1.
Estrategia de búsqueda

BASE DE DATOS	ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA	TOTAL
PUBMED	(regenerative endodontics) AND scaffolds AND dental pulp stem cells OR Mesenchymal Stem Cells AND chitosan OR graphene oxide OR hydrogels	1931
LILACS	"regenerative endodontics" AND "scaffolds" AND "dental pulp stem cells" OR "Mesenchymal Stem Cells" AND "chitosan" OR "graphene oxide" OR "hydrogels"	49
MEDLINE VIA OVID	((((regenerative endodontics and scaffolds and dental pulp stem cells) or Mesenchymal Stem Cells) and chitosan) or graphene oxide or hydrogels).mp. [mp=title, abstract, original title, name of substance word, subject heading word, floating sub-heading word, keyword heading word, organism supplementary concept word, protocol supplementary concept word, rare disease supplementary concept word, unique identifier, synonyms]	2301
GOOGLE ACADEMICO	"Células madre de la pulpa dental" y "Andamios del Tejido" de "Quitosano" o "Hidrogeles" o "Óxido de grafeno"	125

Fuente: elaboración propia

Resultados y discusiones

El propósito de esta revisión fue mostrar andamios bioactivos con posible indicación en procedimientos de endodoncia regenerativa, evaluando los efectos de estos sobre las células madre en cuanto a: biocompatibilidad, proliferación, supervivencia, viabilidad celular y posible potencial de mineralización. En total se analizaron 6 artículos descriptivamente.

El esquema de selección se resume en un diagrama (ver Figura 1).

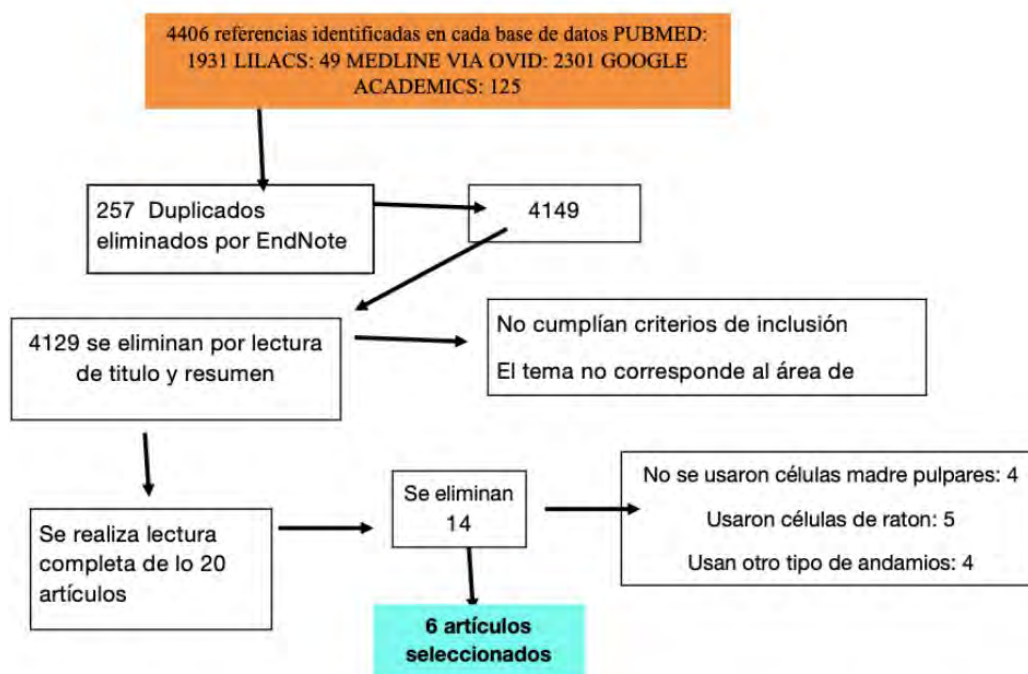


Figura 1. Diagrama de flujo esquema de selección.
Elaboración propia.

La pulpa dental a menudo se daña por infección cariogénica, traumatismo mecánico y procedimientos clínicos operativos. Un tratamiento endodóntico convencional para los tejidos de la pulpa infectada es la terapia del conducto radicular, que implica la extirpación de la pulpa inflamada, pero disminuirá la resistencia a la fractura y la capacidad de defensa contra la infección del diente. La regeneración de la pulpa dental es una de las estrategias terapéuticas más prometedoras, que promovería la reparación del complejo dentino - pulpar y mejoraría la calidad de vida del paciente. Cabe destacar que a medida que la biotecnología ha progresado, se han realizado varios intentos para establecer nuevos métodos para controlar mejor los parámetros de regeneración (Quin *et al.*, 2018).

Con los avances en ingeniería de tejidos y odontología regenerativa, los esfuerzos se han dirigido al desarrollo de andamios bioactivos para la regeneración de complejos de dentina y pulpa. El diseño de biomateriales en combinación con la liberación controlada de pistas de señalización para dirigir el destino de las células madre mesenquimales (MSC) hacia los fenotipos osteo / odontoblasticos es una estrategia terapéutica muy prometedora para lograr la ingeniería dental y craneofacial del tejido mineralizado. Para guiar la regeneración tisular adecuada, deben abordarse los aspectos deseables de la química de los andamios, incluida la creación de una red polimérica que imita los componentes de la matriz extracelular, permitiendo que se produzca la interacción celular (Soares *et al.*, 2018).

La elección de un andamio apropiado es un paso clave para las estrategias de ingeniería de tejidos. Un andamio ideal debería soportar la unión, la proliferación y la organización espacial tridimensional de la población celular necesaria para el reemplazo estructural y funcional del tejido objetivo (Chen *et al.*, 2016).

Por tal motivo, en esta revisión incluimos nuevos biomateriales usados en andamios para ingeniería de tejidos y ver su potencial en la regeneración del tejido pulpar, en donde encontramos que los andamios porosos de quitosano (CHSC), que poseen cadenas poliméricas estructuralmente similares a los glicosaminoglicanos (GAG), son un sustrato adecuado para la adhesión, proliferación y diferenciación odontoblastica de las células de la pulpa dental (DPC) con la señalización celular adecuada. Por lo tanto, los CHSC pueden ser útiles en la terapia de taponamiento pulpar directo porque pueden proporcionar una matriz biocompatible para la adhesión, proliferación y diferenciación de los DPC endógenos en células



similares a odontoblastos capaces de depositar y mineralizar la matriz de dentina, restaurando así la integridad de la dentina en el borde pulpa-dentina (Soares *et al.*, 2017).

También se observamos que la adición de ciertas moléculas usadas en el tratamiento de enfermedades sistémicas en medicina como es el caso del estudio de Qin W y col. del 2018 donde usan la simvastatina (SIM) indicada para el control de la hipercolesteremia, genera un potencial quimiotáctico para DPCs, lo que hace que estas células expresen fuertemente un fenotipo odontoblástico y depositen altas cantidades de matriz mineralizada (Soares *et al.*, 2018).

Continuando con los hidrogeles encontramos en el estudio de Cavalcanti y colaboradores donde emplearon el PuramatrixTM que es un hidrogel peptídico autoensamblable de 16 unidades que en solución acuosa se polimeriza instantáneamente formando un andamio biodegradable, que en las condiciones experimentales descritas mostró que las células madre de la pulpa dental sobrevivieron y proliferaron representando así una nueva y prometedora alternativa de andamios inyectables para la ingeniería de tejidos de pulpa dental (Cavalcanti; Zeitlin; Nör, 2013)

Por último se incluyó un estudio sobre el grafeno puesto que los nanomateriales basados en grafeno, especialmente el óxido de grafeno (GO), se han utilizado para mejorar el rendimiento de los implantes y como andamios de ingeniería de tejidos para apoyar la unión, proliferación y diferenciación celular (Olteanu *et al.*, 2015).

Debido al desarrollo de diversos materiales basados en el grafeno, es necesario comprender su interacción con los sistemas biológicos, lo que puede llevar a posibles efectos tóxicos locales y sistémicos. Las aplicaciones biológicas del grafeno dependen del método de síntesis y funcionalización. Una de las estrategias más accesibles para la síntesis de grafeno es la oxidación química del grafito, seguida de su exfoliación y reducción química / térmica. La modificación química del grafeno con una fuente de nitrógeno da como resultado un material dopado con N, que muestra una mejor dispersabilidad en agua y propiedades menos tóxicas. Las propiedades toxicológicas de los nanocompuestos basados en grafeno pueden variar de un nanomaterial a otro y, por lo tanto, su cuidadosa caracterización estructural sigue siendo un tema importante (Olteanu *et al.*, 2015).

En el estudio de Olteanu D y colaboradores se observó el potencial citotóxico de tres materiales: óxido de grafeno (GO), óxido de grafeno reducido térmicamente (TRGO) y grafeno dopado con N (N-Gr), en células madre de folículos dentales humanos. Mostrando que el (GO) y (N-Gr) generaron buenos resultados en términos de niveles bajos de citotoxicidad y daño inducido a las mitocondrias en las células madre. Esta investigación abre la posibilidad de un futuro uso de este material como relleno en diversos materiales dentales de nanocompuestos (Olteanu *et al.*, 2015).

Conclusión

El desarrollo de nuevos andamios adecuados para endodoncia regenerativa se visualiza como un nuevo campo de investigación de materiales dentales. El siguiente paso para la ingeniería del tejido de la pulpa dental sería comprender cómo se comporta esta clase de andamios en condiciones clínicas. Más específicamente, será importante saber si las propiedades físicas y mecánicas de estos andamios son adecuadas para el uso clínico, y comprender si permiten la diferenciación odontoblástica completa, medida por la deposición de nueva dentina tubular. Esta revisión representa un paso inicial en la caracterización de esta clase de andamios para la ingeniería del tejido de la pulpa dental.

Agradecimientos

A la escuela de Odontología Universidad del Valle y al doctor Carlos Valencia por su apoyo y continuo acompañamiento.

Referencias

- Cavalcanti, B.; Zeitlin, B.; Nör, J. (2013). A hydrogel scaffold that maintains viability and supports differentiation of dental pulp stem cells. *Dental materials* , 29(1), 97-102.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.08.002>
- Chen, Y.; Zhang, F.; Fu, Q.; Liu, Y.; Wang, Z.; Qi, N. (2016). In vitro proliferation and osteogenic differentiation of human dental pulp stem cells in injectable thermo-sensitive chitosan / b-glycerophosphate / hydroxyapatite hydrogel. *Journal of Biomaterials Applications* , 31(3), 317-327.
<https://doi.org/10.1177/0885328216661566>
- Marí-Beffa, Manuel; Segura-Egea, Juan; Díaz-Cuenca, Aránzazu (2017). Regenerative Endodontic Procedures: A Perspective from Stem Cell Niche Biology. *Journal of Endodontics* , 43 (1), 52-62.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.09.011>
- Murray, Peter; Garcia-Godoy, Franklin; Hargreaves, Kenneth (2007). Regenerative Endodontics: A Review of Current Status and a Call for Action. *Journal of Endodontics*, 33(4), 377-390.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.09.013>
- Olteanu, Diana; Filip, Adriana; Socaci, Crina; Biris, Alexandru; Filip, Xenia; Coroş, Maria; Rosu, Marcela; Pogacean, Florina; Alb, Camelia; Bâldea, Ioana; Bolfa, Pompei; Pruneanu, Stela (2015). Cytotoxicity assessment of graphene-based nanomaterials on human dental follicle stem cells. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* , 136(1), 791-798.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2015.10.023>
- Qin,Wei; Chen, Jia-Yao; Guo, Jia; Ma,Tao; Weir, Michael; Guo, Dong; Shu,Yan; Lin, Zheng-Mei; Schneider, Abraham; Xu, Hockin (2018). Novel Calcium Phosphate Cement with Metformin-Loaded Chitosan for Odontogenic Differentiation of Human Dental Pulp Cells. *Stem Cells International*, 2018.
<https://doi.org/10.1155/2018/7173481>
- Soares, Diana; Anovazzi,Giovanna; Alves-Bordini, Ester; Zuta, Uxua; Silva-Leite, Maria; Basso, Fernanda; Hebling, Josimeri; de Souza-Costa, Carlos (2018). Biological Analysis of Simvastatin-releasing Chitosan Scaffold as a Cell-free System for Pulp-dentin Regeneration. *Journal of Endodontics* , 44(6), 971-976.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.02.014>
- Soares, Diana; Rosseto, Hebert; Salles-Scheffel, Débora; Gonçalves-Basso, Fernanda; Huck, Claudia; Hebling, Josimeri; de Souza Costa, Carlos (2017). Odontogenic differentiation potential of human dental pulp cells cultured on a calcium-aluminate enriched chitosan-collagen scaffold. *Clinical Oral Investigations*, 21(9), 2827-2839.
<https://doi.org/10.1007/s00784-017-2085-3>



Elaboración y evaluación de biopolímeros utilizando diferentes fuentes de almidón

Development and evaluation of biopolymers using different sources of starch

Modalidad: Poster

Marta Jaramillo¹
Maira Hernández²
Nicolás Duque³
Ana Parra³
Juan Aranzazu⁴
María Muñoz⁵
Luisa Roche⁶
Manuel Pinzón⁷

¹ Tecnoacademia Risaralda, grupo de investigación, Merkator, Dosquebradas, Colombia.
Autor de correspondencia: mcjaramillo@sena.edu.co ; marcejarajc1@gmail.com

Resumen

En este trabajo se propone la elaboración y la evaluación de biopolímeros basados en almidón de maíz y almidón de yuca, mediante un procedimiento de gelatinización y posterior secado, utilizando como materiales almidón, glicerina, ácido acético y agua. Se obtuvieron resultados que se resumen en la tabla 2 y en las gráficas de barras resistencia y elongación. Se concluye con respecto a la resistencia y a la elongación de las películas biopolimerizadas, en donde se halló que el almidón de maíz con 60 ml de agua produce una mayor resistencia biopolimérica mientras que con la contra parte, es decir, con el almidón de yuca y con 100 ml de agua se producen muestras con mayor elongación.

Palabras claves: almidón; biopolímeros; degradables; maíz; yuca.

Introducción

Los bioplásticos se presentan como una alternativa científicamente elegante y ecológica para solucionar de manera parcial o para incentivar nuevas soluciones a problemas como el de la producción masiva de desechos orgánicos (Saharan; Ankita, 2012), la lenta degradación de plásticos convencionales basados en el petróleo (Bátori; Akesson; Zamani; Taherzadeh; Horvath, 2018; Rahman *et al.*, 2019) o el almacenamiento de energía biomásica (Bátori *et al.*, 2018; Bezirhan-Arikan, Duygu-Ozsoy, 2015; Bruce, 2007; Scott, Hao-Yu, 2016). Para la producción en masa de bioplásticos es de carácter fundamental la determinación de la combinación de materiales que garantice las propiedades físicas requeridas en el bioplástico para satisfacer los requerimientos de la aplicación final (Rahman *et al.*, 2019). En este trabajo, se presenta la elaboración y evaluación de biopolímeros a partir del almidón de maíz y de yuca, usando agua, glicerina, **ácido** acético llevándolo a la temperatura de gelatinización y posterior secado en el horno de convección a 313 K. La organización de la presente disertación es la discusión de los materiales y métodos para la elaboración del bioplástico, algunos resultados selectos, discusión y finalmente la conclusión.

Materiales y Métodos

La metodología es experimental con enfoque cualitativo y cuantitativo.

Paso 1: Elaboración de películas

Paso 2: Caracterización de las películas

Paso 3: Análisis de resultados

Se elaboraron dos películas con almidón de maíz y dos películas con almidón de yuca, utilizando la misma cantidad de almidón, glicerina y ácido acético. La cantidad de agua fue variada en las muestras de cada almidón, la temperatura fue la de gelatinización del almidón utilizado en cada caso y el secado en un horno de convección a 313 K durante 6 horas (ver Tabla 1)

Tabla 1.
Relación de materiales de las películas elaboradas.

Fuente de almidón	Muestra 1	Muestra 2
Maíz	Almidón 5 g Glicerina 1,2 mL Ácido acético al 3 %, 1,5 mL Agua 60 mL	Almidón 5 g Glicerina 1,2 mL Ácido acético al 3 %, 1,5 mL Agua 100 mL
Yuca	Almidón 5 g Glicerina 1,2 mL Ácido acético al 3 %, 1,5mL Agua 60 mL	Almidón 5 g Glicerina 1,2 mL Ácido acético al 3 %, 1,5 mL Agua 100mL

Fuente: elaboración propia.

Resultados y discusiones

De las cuatro muestras planteadas se logró sacar una película para cada experimento y medir sus propiedades. Se realizó la medición en cada una de las películas de calibre, resistencia, elongación, porcentaje de deformación. La caracterización de las películas se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.
Caracterización de películas (calibre, resistencia, elongación, porcentaje de deformación).

Muestra	Calibre en milésima de pulgada	Calibre en mm	Área en mm ²	Kgf	Resistencia en Kg/mm ²	Elongación en mm	% de Deformación	Sellado
Maíz (1)	4	0,102	2,581	6,384	2,474	3,600	4,700	Cuando se expone a las condiciones de sellado, se cristaliza y no sella.
Maíz (2)	2	0,051	1,290	1,562	1,211	8,290	5,600	Cuando se expone a las condiciones de sellado, se cristaliza y no sella.
Yuca (1)	4	0,102	2,581	2,047	0,793	19,470	30,040	Se sella a 290 °C (Mejor sellado)
Yuca (2)	6	0,152	3,871	2,285	0,590	25,120	9,252	Se sella a 290 °C

Fuente: elaboración propia.

En las figuras 1 y 2 se comparan la resistencia y elongación de las películas obtenidas. Un factor importante para potencializar el uso de la película obtenida es la resistencia, los resultados de las diferentes muestras se visualizan en la Figura 1.

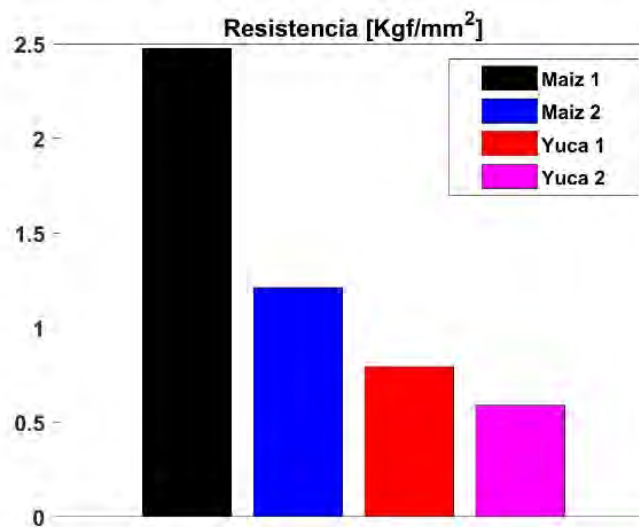


Figura 1. Comparación de la resistencia de las películas obtenidas.
Fuente: elaboración propia.

La elongación es una característica relevante en la identificación del uso del bioplástico como materia prima en la fabricación de diferentes tipos de bolsas. La figura 2 muestra los resultados obtenidos.

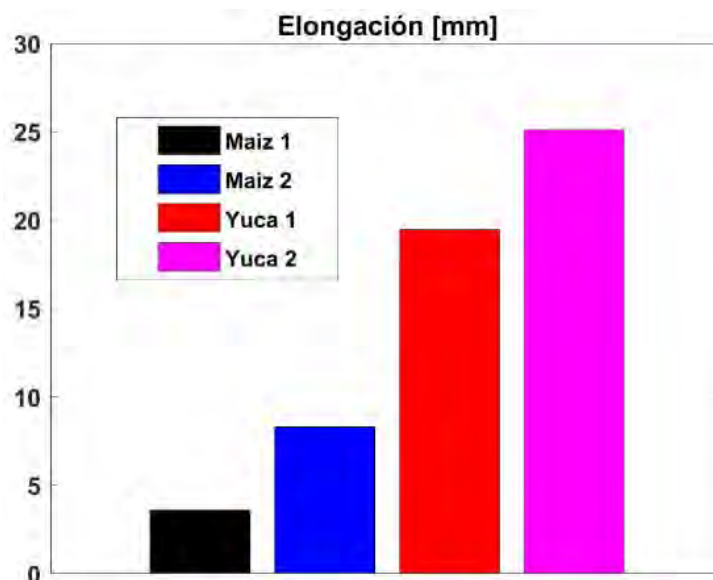


Figura 2. Comparación de la elongación de las películas obtenidas.
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La elongación de las películas es mayor en las muestras elaboradas con 100 ml de agua. El almidón de yuca presenta mayor elongación que el de maíz.

Se logra mayor resistencia en las películas elaboradas con 60 ml de agua. Del almidón de maíz resultaron películas con mayor resistencia.

Referencias

- Bátori, Veronika; Akesson, Dan; Zamani, Akram; Taherzadeh, Mohammad; Horvath, Ilona (2018). Anaerobic Degradation of Bioplastics: A Review. *Waste Management*, 80, 406-413. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.040>
- Bezirhan-Arikan, Ezgi; Duygu-Ozsoy, Havva (2015). A Review: Investigation of Bioplastics. *Journal of Civil Engineering and Architecture* 9, 188-192. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.040>
- Bruce, Logan (2007). *Microbial Fuel Cell*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Publication. <https://doi.org/10.1002/9780470258590>
- Rahman, Rukhsana; Sood, Monika; Gupta, Neeraj; Bandral, Julie; Hameed, Fozia; Ashraf, Shafia (2019). Bioplastics for Food Packaging: A Review. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 8(3), 2311-2321. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.274>
- Saharan, B. S.; Ankita, S. D. (2012). Bioplastics- For Sustainable Development: A Review. *International Journal of Microbial Resource Technology*, 1(1), 11-23.
- Scott, Keith; Hao-Yu, Eileen (Eds.) (2016). *Microbial Electrochemical and Fuel Cells: Fundamentals and Applications*. Woodhead Publishing Series in Energy.



Aprovechamiento de la semilla de aguacate (*Persea americana* Mill.) tipo Hass para la extracción de almidón

Use of the avocado seed (*Persea americana* Mill.) Type Hass for starch extraction

Modalidad: Poster

Valerie Correa Albarán
Luis Eduardo Vallencilla Castro
Katerine Cárdenas Tobar¹
Marcelo Guancha¹

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, grupo de investigación GIDEMP, Tecnoacademia-Cali, Centro de Innovación - SENA - Cra 5 No. 11-68

Resumen

El proceso de extracción de almidón de semillas de aguacate variedad Hass se realizó utilizando el método vía húmeda. Inicialmente se realizó un tratamiento químico con hidróxido de sodio al 5% y metabisulfito de sodio al 0,2% combinado con Ultra-Turrax. Se realizó análisis cualitativo por prueba de yodo para verificar la presencia de almidón en la muestra obtenida. Finalmente se obtuvo almidón con un rendimiento del 4,5% en peso húmedo.

Palabras claves: almidón; aguacate Hass; extracción; carbohidratos; ultra-turrax.

Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill.) variedad Hass, es un tipo de fruta que se cultiva en Colombia. Se considera como uno de los cultivos con mayor potencial de crecimiento a nivel nacional ya que el aguacate es el sexto producto agrícola de exportación después del café, el banano, las flores, el aceite de palma y el azúcar (Revista Dinero, 2017). Según los mencionados autores, en el 2016 se produjeron 78.547 toneladas de aguacate Hass con un área sembrada de aproximadamente 14.084 hectáreas. Los departamentos con mayor producción son Antioquia (3.500 hectáreas), Caldas (2.597 hectáreas) y Tolima (1.325 hectáreas). Del consumo del aguacate queda como subproducto la semilla y la cáscara, que actualmente se eliminan como desechos. La importancia de la semilla está relacionado con el contenido de almidón, que está alrededor de del 60 al 70 % (Tsfaye *et al.*, 2018), convirtiéndola a la semilla en una fuente alternativa de almidón.

El almidón es un biopolímero compuesto por unidades de glucosa y se caracteriza por su amplia gama de aplicaciones en alimentos, papel, textil, plástico, farmacéutica, cosmética, pintura, bebidas, construcción e industrias cerámicas (Maryam; Kasim; Santosa, 2016). Debido a la demanda, las industrias utilizan materias primas como maíz, papa, yuca, arroz y trigo entre otros, para la extracción de almidón, dichas materias primas al mismo tiempo son fuentes de alimento (Tsfaye *et al.*, 2018). En consecuencia es necesario tener en cuenta los desafíos de la seguridad alimentaria que conlleva a investigar nuevas fuentes naturales de almidón para la industria, como los subproductos agroindustriales tales como la semilla del fruto de aguacate, dado su contenido de almidón y que es un residuo que corresponde aproximadamente a un 40 % con respecto al total de masa del fruto. Finalmente, el objetivo de este trabajo es el de determinar el rendimiento de extracción y la caracterización fisicoquímica de almidón extraído por vía húmeda.

Materiales y Métodos

Extracción del almidón

Las semillas se lavaron con agua potable y se cortaron en cubos de aproximadamente 1cm. A la muestra se le adicionó NaOH al 5 % en relación 1:20 y se dejó en agitación durante 24 h a 500 rpm. A continuación, las muestras se lavaron con agua destilada hasta que las aguas de lavado tuvieran pH neutro. Las muestras obtenidas se trataron con metabisulfito de sodio al 0,2 % relación 1:20 por 24 h (Madruga *et al.*, 2014). La mezcla obtenida se pasó por un procesador de alimentos para reducir el tamaño de partícula. La muestra final se agito en Ultra-Turrax por 30 min a 10000 rpm. Seguidamente, la muestra se filtró en un tamiz de 150 micras. El filtrado obtenido se dejó precipitar por gravedad se eliminó el sobrenadante.

Los lavados se realizaron hasta verificar la eliminación de la coloración marrón de las aguas de lavado. El precipitado final se secó a 50 °C hasta peso constante.

Prueba de pH y yodo

Se mezclaron 2,5 g de almidón extraído en 10 mL de agua destilada y se agito en un vortex durante 5 minutos. Posteriormente se dejó decantar y determino el pH de la fase de acuosa. Para las pruebas de yodo, se pesó 1 g de almidón, se llevó a ebullición con 15 mL de agua y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente. La muestra se dividió en dos partes iguales. A una de las muestras se le adiciono 3 gotas de lugol y se registró el cambio de color. La prueba se comparó con un almidón grado analítico (Tesfaye *et al.*, 2018).

Resultados y discusiones

Extracción del almidón

La Figura 1 se muestra la secuencia de pasos utilizados para la extracción de almidón de semillas de aguacate. A lo largo los pasos del tratamiento químico, el color marrón inicial del material (primer paso de tratamiento alcalino) cambió a marrón amarillento claro que se evidencia después de la molienda en el extractor de alimentos, hasta que finalmente se obtiene un material blanco. Los tratamientos químicos y mecánicas ayudan a aislar los gránulos de almidón. El tratamiento químico solubiliza los pigmentos, las proteínas y azúcares como pentosas y arabinosas según lo reportado por (Madruga *et al.*, 2014). Finalmente se obtuvo un rendimiento aproximado del 4,5 %.

Prueba de pH y yodo

Los resultados de prueba de yodo indican que el extracto de almidón de semilla de aguacate presentó color azul característico de la presencia de almidón. El pH obtenido fue de 6,68 que según estaba dentro del rango recomendado de entre 4,5 y 7,0 (Tesfaye *et al.*, 2018).



Figura 1. Esquema descripción del procedimiento utilizado para la extracción de almidón a partir de semillas de aguacate.
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Los resultados parciales indican que se puede extraer almidón a partir de residuos de semillas de aguacate. El rendimiento de almidón fue del 4,5 % (en peso húmedo). Las pruebas fisicoquímicas cualitativas indican que el material extraído es almidón. Los ensayos siguientes de esta investigación corresponden a la optimización del proceso de extracción para mejorar

el rendimiento y la caracterización fisicoquímica como viscosidad, índice de solubilidad en agua, microscopia electrónica de barrido, análisis de grupos funcionales principalmente.

Agradecimientos

A los laboratorios de la Tecnoacademia – Cali y al Red Tecnoparque – Nodo Cali.

Referencias

- Madrugá, Marta; Medeiros-de Albuquerque Izis, Fabíola; Alves-Silva, Izis; Silva-do Amaral, Deborah; Magnania, Marciane; Queiroga-Neto, Vicente (2014). Chemical, morphological and functional properties of Brazilian jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch. *Food Chemistry*, 143, 440–445. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.003>
- Maryam, M.; Kasim, A.; Santosa (2016). Utilization Starch of Avocado Seed (*Persea Americana* Mill.) as a Raw Material for Dextrin. *Journal of Food and Science and Engineering*, 6, 32-37. <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2016.01.005>
- Revista Dinero. (Marzo 30 de 2017). *Informe especial. Aguacate: el oro verde de la economía colombiana*. Recuperado de <https://www.dinero.com/edicion-impresa/informe-especial/articulo/aguacate-exportacion-y-mercado-en-colombia/243434>
- Tesfaye, Tamrat; Gibril, Mmagdi; Sithole, Bruce; Ramjugernath, Deresh; Chavan, Raosaheb; Chunilall, Viren; Gounden, Navandran (2018). Valorisation of avocado seeds: extraction and characterisation of starch for textile applications. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20(9), 2135–2154. <https://doi.org/10.1007/s10098-018-1597-0>



Encapsulación y soporte de biomoléculas en nanopartículas poliméricas para aplicaciones biomédicas

Encapsulation and support of biomolecules in polymeric nanoparticles for biomedical applications

Modalidad: Comunicación oral

Jorge A. Gutiérrez¹

¹ Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. jgutierrez@uniquindio.edu.co

Resumen

A través del tiempo, los seres humanos han padecido diferentes fenómenos que de una u otra forma han influenciado en su salud de forma positiva o negativa. Es así como las enfermedades o los eventos físicos traumáticos han sido un foco de atención para la humanidad como parte de la evolución. En la actualidad se aprecia con gran preocupación los eventos traumáticos y los tratamientos para el manejo de afecciones tisulares, ya que, en los procesos de recuperación, las zonas afectadas son vulnerables a la proliferación de microorganismos patógenos, los cuales con el tiempo vienen desarrollando resistencia ante los antibióticos comúnmente utilizados. En este sentido, es sumamente importante desarrollar nuevas estrategias para enfrentar esta necesidad en salud pública. Una de las alternativas se enmarca en nanociencia y nanobiotecnología, en el estudio y evaluación de nuevos nanocompuestos antibacterianos y antifúngicos para combatir enfermedades producidas por microorganismos multirresistentes a fármacos (MDR, por sus siglas en inglés), que favorezcan la regeneración tisular en las zonas afectadas, donde las nanopartículas biopoliméricas de Ácido poliláctico (PLA) y poliglicólico (PLGA) resaltan como una excelente opción, que a futuro puedan ser adquiridos fácilmente por el ciudadano común. Esto implica el desarrollo de estrategias innovadoras para el desarrollo de materiales, los cuales deben ser caracterizados con diferentes técnicas instrumentales, para finalmente evaluar su toxicidad y sus propiedades antibacteriales y antifúngicas sobre microorganismos como *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (SARM), *Escherichia coli* O157:H7 y *Candida* spp resistente a antifúngicos.

Palabras clave: nanopartículas metálicas, nanopartículas poliméricas, microorganismos patógenos, nanoencapsulación.

Preparación de membranas poliméricas electrohiladas a partir del aprovechamiento de residuos agroindustriales

Preparation of electro-spun polymeric membranes from the use of agroindustrial waste

Modalidad: Comunicación oral

Edwin Yesid Gómez-Pachón¹

¹ Grupos de Investigación de la UPTC: Diseño, Innovación y Asistencia Técnica de Materiales Avanzados-DITMAV y Desarrollo y Aplicación de Nuevos Materiales-DANUM. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-UPTC. edwin.gomez02@uptc.edu.co

Resumen

Se presenta una recopilación de resultados sobre la preparación, caracterización y evaluación de membranas poliméricas de nanofibras a partir de materiales e insumos de tipo natural como almidón de papa, celulosa de tallos de caña de azúcar de Boyacá, así como de polímeros como poliácido láctico, policaprolactona y otros. Estos tipos de membranas se han obtenido mediante síntesis y tecnologías desarrolladas por los grupos de investigación DITMAV y DANUM, ambos de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-UPTC.

En el Departamento de Boyacá en Colombia existe una diversidad de plantas y productos agrícolas, los cuales son aprovechables como alimentos frescos para la sociedad humana. Sin embargo, los residuos orgánicos de plantas como tallos, raíces, hojas, cascaras de frutos no son aprovechados adecuadamente, porque se usan como alimento para animales, para compostaje y desafortunadamente la mayoría de estos residuos se queman en hornillas, y/o a cielo abierto lo cual generan monóxido de carbono y otros contaminantes. Razón por la cual los grupos de investigación DITMAV y DANUM han generado alternativas para aprovechar estos residuos para el desarrollo de nuevos productos que tendría un impacto económico muy importante para el sector agrícola.

Para el desarrollo de productos de alto impacto tecnológico con estos residuos agrícolas, se realizaron varias investigaciones para estudiar y desarrollar nanomateriales, por ello se aplicó la técnica de electrohilado con las cuales se prepararon materiales de alto valor agregado como filtros para agua, andamios para ingeniería de tejidos o simplemente membranas con propiedades especiales. Luego, se caracterizaron física, químicamente y se determinaron las propiedades mecánicas con el fin de evaluar la viabilidad de estos materiales.

El objetivo global de estas investigaciones fue establecer procedimientos para la extracción de almidones y celulosa, con el fin de generar soluciones con diferentes tipos de solventes, para finalmente realizar procesos de parametrización de electrohilado para obtener membranas. La caracterización por diferentes técnicas analíticas tales como Microscopia Electrónica de Barrido (SEM), Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), Difracción de Rayos X (DRX), Microscopia Electrónica de Transmisión (TEM), Ensayos mecánicos, entre otras, han permitido conocer propiedades estructurales, mecánicas y hasta biológicas que hacen estos materiales muy aptos para aplicaciones específicas.



Estos estudios llevaron a concluir que las membranas preparadas con poliláctico, policaprolactona, quitosano entre otros tipos de polímeros tienen una alta potencialidad para ingeniería de tejidos porque se logran fibras de diámetros inferiores a 1 micra, alta resistencia mecánica, porosidad suficiente y algunos resultados mostraron adhesión y proliferación celular. Las membranas preparadas a partir de acetato de celulosa mostraron buenos resultados para aplicaciones en filtración del agua, donde presenta suficiente resistencia a caudales altos de agua, muestran atrapamiento de micro- partículas y otras pruebas normativas para sistemas de filtración.

Algunos de los alcances obtenidos con grupos interdisciplinarios de Diseño Industrial y Química han sido gracias al trabajo mancomunado de los grupos de investigación DITMAV perteneciente a la Escuela de Diseño Industrial en la ciudad de Duitama y DANUM adscrito a la Escuela de Química en la ciudad de Tunja de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, quienes hicieron posible la elaboración de equipos con los que actualmente se preparan membranas de micro y nanofibras a través de métodos de electrohilado, además de generar avances en la síntesis química de diferentes biopolímeros, apropiados para su posterior transformación por medio de dichos equipos.

Por otro lado, la obtención de nanofibras de celulosa por medio de electrohilado es un proceso que se dificulta, debido a la limitación de la celulosa para generar la solución con los solventes requeridos por la técnica, por ello se han usado técnicas como acetilar la celulosa logrando solubilizarla para electrohilar y luego en sólido de desacetilarla. A partir de los resultados que se obtuvieron en dicha investigación se cimentó la ejecución del proyecto.

Se agradece la colaboración de estudiantes de la Escuela de Química, de Diseño Industrial y de los posgrados de Ciencias Químicas de la UPTC que han participado en los proyectos que han financiado la Vicerrectoría de Investigaciones y Extensiones VIE de la UPTC. Se agradece al Centro de Gestión de Investigación y Extensión de la Facultad Duitama-CIFAD y al Instituto de Investigación e Innovación para el Desarrollo Tecnológico CIMADI.

Los resultados de estos trabajos de investigación se dedican a la memoria del Dr. Efrén de Jesús Muñoz Prieto.

Conversatorio

Revista Informador Técnico, Volumen 83 n2 - Suplemento I- 2019

V Simposio de Materiales Poliméricos - 28 y 29 de Octubre de 2019, Cali - Colombia

¿Cómo llevar tu tecnología del laboratorio al mercado?

How to bring your technology from the laboratory to the market?

Aarón Ricardo Cervantes Herrera¹

¹ MBA, M.Sc. IT
University of Texas at El Paso, College of Engineering

A lo largo de los años, la estructura en la cual hemos basado la formación académica de profesionales de la investigación ha buscado solidificar nuestro desempeño como científicos e ingenieros. Nos hemos enfocado tanto en ser exitosos en la profesión y en expandir las fronteras del conocimiento, que a menudo somos ajenos a las problemáticas reales de la industria y la sociedad.

Probablemente, esto pudiera carecer de relevancia para la mayoría, de no ser por el hecho de que hacemos lo que hacemos con el propósito de lograr el mayor impacto en la vida de los demás. ¿Qué pasa entonces, cuando después de años de esfuerzo de investigación, creemos estar listos para llevar nuestros descubrimientos al mercado? ¿Qué tenemos que hacer para maximizar nuestras posibilidades de éxito en el proceso de transferencia de tecnología? El 36% de las startups fracasan porque cometen el error de crear algo que a nadie le interesa, entonces, si pasamos los últimos años de nuestras vidas encerrados en el laboratorio ¿cómo podemos reducir ese porcentaje de error?

Esta sesión explora los casos de éxito acerca de la utilización de metodologías Lean Startup como una herramienta que permite a los investigadores validar sus ideas, como un paso previo al desarrollo de las mismas, mediante el proceso de descubrimiento de cliente y la utilización del Modelo de Canvas de Negocios.



V Simposio DE MATERIALES POLIMÉRICOS

Cali- Colombia, 28 y 29 de Octubre de 2019



Informador Técnico
Volumen 83 n2 - Suplemento I - 2019